



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN  
COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO  
GRUESO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor**

Bach. Altamirano Tocto Luis Fernando  
<https://orcid.org/0000-0002-9126-8787>

**Asesor**

**Mg. Idrogo Pérez César Antonio**  
<https://orcid.org/0000-0003-4232-0144>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú  
2024**



Universidad  
Señor de Sipán

### DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

#### **PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en *relación con las citas y referencias bibliográficas*, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Altamirano Tocto Luis Fernando	DNI: 70929861	
--------------------------------	---------------	--

Pimentel, 21 de febrero de 2024.

# REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Altamirano Luis-tesis corta-Producción d  
e Mezclas Asfálticas Adicionando Resid  
uos de Construcción co**

RECUESTO DE PALABRAS

**10762 Words**

RECUESTO DE CARACTERES

**52758 Characters**

RECUESTO DE PÁGINAS

**48 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 27, 2024 12:32 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 27, 2024 12:33 PM GMT-5**

## ● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

## ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

Resumen

**PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO**

**Aprobación del jurado**

---

MG. IDROGO PÉREZ CÉSAR ANTONIO

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

DR. CORONADO ZULOETA OMAR

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MG. BARRETO REQUEJO JHONATAN DAVID

**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a mis padres María Yolanda Tocto Bances y Virgilio Altamirano Rojas por ser mis pilares, motores para nunca rendirme, e impulsarme a completar mis metas.

A mis hermanos por estar ahí siempre y sacarme una sonrisa en momentos difíciles.

**Bach. Altamirano Tocto Luis Fernando**

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, por darme unos progenitores maravillosos y tenerlos con buena salud, por derramar bendiciones a toda mi familia, y por guiarme durante todos estos años de universidad.

A mis padres por sus consejos y su apoyo moral, así como económico.

Agradecer a mis docentes y compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, por brindarme una educación de calidad, y de la cual estoy muy feliz de pertenecer.

**Bach. Altamirano Tocto Luis Fernando**

## Índice

Dedicatoria .....	v
Agradecimientos .....	vi
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras .....	ix
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Hipótesis.....	18
1.4. Objetivos.....	18
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	19
II. MATERIALES Y MÉTODO .....	31
2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	31
2.2. Variables, Operacionalización.....	31
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	34
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	35
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	37
2.6. Criterios éticos .....	42
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
3.1. Resultados.....	43
3.2. Discusión .....	55
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
4.1. Conclusiones .....	58
4.2. Recomendaciones .....	59
REFERENCIAS .....	60
ANEXOS .....	68

## Índice de tablas

<b>Tabla I</b> Requerimientos para los AG .....	23
<b>Tabla II</b> Requerimientos para los AF.....	23
<b>Tabla III</b> Gradación para MAC .....	24
<b>Tabla IV</b> Operacionalización de la variable independiente.....	32
<b>Tabla V</b> Operacionalización de la variable dependiente.....	33
<b>Tabla VI</b> Cantidad de ensayos de mezclas asfálticas .....	35
<b>Tabla VII</b> Compendio de ensayos de inspección de calidad del agregado grueso .....	44
<b>Tabla VIII</b> Compendio de ensayos de inspección de calidad del agregado fino .....	45
<b>Tabla IX</b> Compendio de ensayos de inspección de calidad de los residuos de construcción .....	46
<b>Tabla X</b> Porcentajes de los materiales en la MAC-patrón .....	47
<b>Tabla XI</b> Peso de los insumos para una briqueta de acuerdo CA (%).....	47
<b>Tabla XII</b> Cantidades de los materiales para la MAC-20% RC.....	50
<b>Tabla XIII</b> Cantidades de los materiales para la MAC-25% RC.....	50
<b>Tabla XIV</b> Cantidades de los materiales para la MAC-30% RC .....	50

## Índice de figuras

<b>Fig. 1.</b> Instrumentos del laboratorio LEMS W&C.....	36
<b>Fig. 2.</b> Diagrama de flujo.....	37
<b>Fig. 3.</b> Planta de asfalto en candente.....	38
<b>Fig. 4.</b> Obtención de los residuos de construcción.....	39
<b>Fig. 5.</b> Desarrollo de los ensayos a los agregados.....	40
<b>Fig. 6.</b> Proceso de fabricación de las muestras.....	41
<b>Fig. 7.</b> Ensayo Rice.....	41
<b>Fig. 8.</b> Peso específico Bulk.....	42
<b>Fig. 9.</b> Curva granulométrica A. grueso.....	43
<b>Fig. 10.</b> Curva granulométrica del A. fino.....	44
<b>Fig. 11.</b> Curva granulométrica de los residuos de construcción.....	45
<b>Fig. 12.</b> Gradación para la MAC-Patrón.....	47
<b>Fig. 13.</b> Gráficas de los parámetros evaluados por el método Marshall en el diseño de la MAC-0%.....	48
<b>Fig. 14.</b> Contenido óptimo de asfalto para la MAC-0%.....	49
<b>Fig. 15.</b> Gráficas de los parámetros evaluados por el método Marshall en el diseño de la MAC-20%.....	51
<b>Fig. 16.</b> Gráficas de los parámetros evaluados por el método Marshall en el diseño de la MAC-25%.....	52
<b>Fig. 17.</b> Gráficas de los parámetros evaluados por el método Marshall en el diseño de la MAC-30%.....	53
<b>Fig. 18.</b> Gráficas para comparar propiedades de las MAC con reemplazo.....	54

## Resumen

El crecimiento de la industria de la construcción ha originado que incremente la cantidad de residuos de construcción, a la par el enorme consumo de agregados viene afectando al medio ambiente. Por otra parte, a nivel local se tiene un alto índice de pavimentaciones flexibles en mal estado, por lo cual se está fomentando el empleo de residuos de construcción en mezcla asfáltica caliente. En ese sentido esta investigación tuvo como objetivo, producir mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción reemplazando parcialmente los agregados gruesos. Para el desarrollo de este estudio se ha considerado una metodología desde una perspectiva de diseño experimental, por lo cual se analizó las propiedades de 12 briquetas de muestra patrón y 48 briquetas con sustitución parcial de 20%, 25%, y 30% de agregado grueso por residuos de construcción, para proporciones de ligante asfáltico de 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%, utilizando el método Marshall. Los resultados demostraron que con 20% y 25% de residuos de construcción hubo mejora en cuanto estabilidad, flujo y propiedades volumétricas semejantes a las de la muestra patrón, a su vez el % CA incrementa 3.45% cada vez que hay una variación de 5% sustitución de residuos. Se concluyó que 20% de residuo de construcción es una fracción recomendable para reemplazar al agregado grueso en la mezcla en caliente y así contribuir con la preservación de nuestro planeta, conteniendo la explotación ímproba de los yacimientos de materiales.

**Palabras Clave:** agregados gruesos, mezclas asfálticas, método Marshall, residuos de construcción, propiedades mecánicas.

## **Abstract**

The growth of the construction industry has led to an increase in the amount of construction waste, while at the same time the enormous consumption of aggregates is affecting the environment. On the other hand, locally there is a high rate of flexible pavements in poor condition, which is why the use of construction waste in hot asphalt mixes is being promoted. In this sense, the objective of this research was to produce asphalt mixtures by adding construction waste and partially replacing coarse aggregates. For the development of this study, a methodology from an experimental design perspective has been considered, for which the properties of 12 standard sample briquettes and 48 briquettes with partial replacement of 20%, 25%, and 30% of coarse aggregate by construction waste were analyzed, for asphalt binder proportions of 4.5%, 5%, 5.5%, 6% and 6.5%, using the Marshall method. The results showed that with 20% and 25% of construction waste there was improvement in terms of stability, flow and volumetric properties similar to those of the standard sample, while the % CA increased 3.45% each time there was a variation of 5% waste substitution. It was concluded that 20% of construction residue is a recommendable fraction to replace the coarse aggregate in the hot mix and thus contribute to the preservation of our planet, containing the unrelenting exploitation of material deposits.

**Keywords:** coarse aggregates, asphalt mixtures, construction waste, Marshall method, mechanical properties.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Hoy en día, la protección del medio ambiente es un tema relevante tanto en los países industrializados como en vías de desarrollo; los efectos que ocasionan al medio ambiente y las consecuencias que resultan de las posibles alteraciones son de preocupación e interés global [1]. Al mismo tiempo, el acelerado crecimiento de la densidad poblacional en el mundo ha ocasionado que surjan nuevas urbes, suponiendo un eventual desarrollo de su infraestructura trayendo consigo mayor adquisición de materiales de construcción y originando una alta cantidad de desechos los cuales requieren de un manejo diferente [2], [3], [4], [5].

A estos desechos se les conoce como residuos de construcción y demolición (RCD), en países desarrollados ya se cuenta con datos estadísticos de estos residuos los cuales representan entre 20 y 30%, pero en ocasiones superaron el 50% del total [6]. Es un tema complejo que radica en el manejo causado por la ausencia de espacios adecuados para depositarlos, por ende, son botados en lugares públicos [7]. Así tenemos que los residuos generados por las construcciones en los estados que constituyen la Unión Europea EU existe cierta disparidad, vale decir que Bélgica reporta un 40.2%, Reino Unido 48%, Dinamarca 52.6%, Alemania 53.3%, Países Bajos 68.1%, Malta un 75%, entre otros; además, los países anteriormente mencionados han logrado implementar prácticas de reciclaje, ejemplo de ello es Malta que recuperó el 100% de RCD, Países Bajos 99%, Reino Unido 95%, Alemania 94%, y Dinamarca 92% [8].

En Colombia el Instituto Nacional de Vías INVIAS logró recabar datos detallados sobre el estado de la red vial, siendo vías pavimentadas el 75.11%, el 24.69% están sin pavimentar, y en estado de intervención el 0.20%; en cuanto a las vías pavimentadas, con estado bueno a muy bueno corresponde 52.71% y con un estado pésimo a regular el 47.29%; ante este escenario, es crucial usar materiales reciclados orientados a las capas de rodadura con

mezclas asfálticas (MA), considerando aspectos funcionales y estructurales de los pavimentos nuevos y vigentes [9].

La Defensoría del Pueblo del Perú hace hincapié sobre lo deficiente que es la infraestructura vial en el país, y la ausencia de mantenimiento de las vías [10]. Ejemplo de ello es Jicamarca en donde su infraestructura vial es deplorable, ya que una vez entregada la obra se deja en el olvido, ocurriendo que el 47.62% estén en un estado malo y 19.05% en peor estado [11]. De modo similar, el Distrito de José Leonardo Ortiz presenta vías urbanas en estado atroz, sumado al incremento del tránsito su deterioro es progresivo poniendo en evidencia la incomodidad de los usuarios al momento de transitar [12].

Por ello, se están promoviendo nuevas ideas para una construcción sostenible con nuestro entorno [13]. Así que con el propósito de adaptarse a las necesidades y exigencias de la industria vial se han creado nuevas mezclas en caliente con materiales reciclados que sean beneficiosas para el medio ambiente y con resultados iguales o superiores a las convencionales [14].

Acto seguido se citaron investigaciones precedentes, que tengan cierto vínculo con este tema.

### **Internacionales**

Silva y Oliveira [15], identificó como objetivo evaluar MAC para obras viales a las que se incorporaron agregado concreto reciclado (ACR) al sustituir el AN solo la fracción gruesa. La metodología consistió en realizar pruebas de laboratorio para comparar y caracterizar el concreto reciclado, al utilizar 0% y 30% de material reciclado, ambas mezclas se diseñaron con el método Marshall. Sus resultados determinaron que para el 30% de ACR que tuvo la MAC, su contenido de CA fue 6.3% no obstante sus propiedades de durabilidad fueron muy similares a la mezcla convencional, así como un adecuado comportamiento mecánico. Concluyeron, en cuanto a la elaboración de MAC debe ser moderado su empleo por la alta absorción y baja resistencia al desgaste, en consecuencia, se debió emplear mayor cantidad de CA.

Acosta et al. [16], el objetivo de este artículo fue evaluar las propiedades de las MAC con 0%, 20%, 40%, 60% y 80% de ACR y con contenido de asfalto de 4%, 4.5% y 5%. La metodología consistió en emplear el diseño Marshall para hacer mezclas asfálticas densas, en donde se reemplazó parcialmente la cantidad de agregado natural. Sus resultados sugerían que hasta 40% de ACR y 4.3% de COA el incremento de este no fue tan significativo. Por lo tanto, concluyeron que las MAC fabricadas con ACR satisficieron diferentes especificaciones.

En la investigación de Villers y León [17], el objetivo fue determinar la viabilidad de la utilización de los ACR en las MAC. Como metodología se propusieron muestras que llevaron 0%, y 20% de ACR en donde se empleó el diseño de mezcla volumétrica Superpave. Resultados, para la muestra con 0% y 20% de ACR fue necesario 5.4% y 6% de CA. En conclusión, la briqueta con 20% ACR fue exitosa, recomendó realizar más pruebas e investigaciones con otras fracciones de ACR.

Morales et al. [18], su objetivo primordial fue obtener una fracción de árido tanto de ACR y RAP (pavimento asfáltico recuperado) con 5-10mm, para su uso en la fabricación de MAC. Su metodología consistió en la caracterización de los AN, ACR, RAP, y las combinaciones de ambas ACR/RAP (0-100, 25-75, 50-50, 75-25, y 100-0), basados en la norma cubana. Los resultados revelaron que ACR/RAP con 25-75 y 50-50 cumplieron con los requerimientos de los AN empleados en MAC. Conclusión, señalaron que hay un alto beneficio ambiental al combinar ambos residuos, para reducir el empleo de recursos naturales.

Zou et al. [19], su objetivo se dimensionó al evaluar la posibilidad de sustituir el agregado tradicional por agregados RCD. La metodología consistió en fabricar especímenes de mezclas de asfalto emulsionado (MAE) con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de agregado de grueso reciclado (AGR). En sus resultados manifestó que el COA aumentó al sustituir el agregado reciclado, de manera que el espécimen que presentó valores cercanos a la muestra patrón fue la que contenía 25% de AGR y C.A 5.6%. Por lo tanto, concluyó que fue factible

su aplicación en MAE para reemplazar parcialmente a los AGN e indicó que el agregado reciclado benefició el comportamiento de la mezcla ante las elevadas temperaturas.

Gedik [20], plasmó como objetivo realizar una revisión de distintos artículos relacionados a encontrar un porcentaje óptimo de agregado grueso (AG) de RCD en obras de pavimentación con asfalto en caliente. La metodología consistió en realizar ensayos de la previa experiencia, y lo otro giró en torno a la mecánica de materiales para la pavimentación. Se mencionó en resultados, que el contenido de CA promedio para MAC con 0%, 20%, 30% de RCA se aceptó 5%, 5.1% y 5.2%. Concluyó que la integración simultánea de algunos remanentes de los RCD entre los que se encontraba los RAP tuvo un éxito favorable para aumentar el rendimiento RCD.

Ding et al. [21], tuvieron como objetivo identificar la factibilidad de RCD para su aplicación MAC como base de pavimento. La metodología se basó en el diseño Marshall para la elaboración de MAC con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de RCD que comprendieron hormigón y ladrillos, para sustituir los áridos gruesos. En sus resultados indicaron que con 25% de contenido de RCD con un COA de 3.76%, el comportamiento de la mezcla se acercó a la de la muestra patrón. Conclusión, los áridos naturales tuvieron mayor adherencia con el asfalto, a diferencia de los RCD.

Tahmoorian et al. [22], presentaron como objetivo indagar sobre la posibilidad de reemplazar en las MAC los AGN por residuos de construcción (RC). Su metodología consistió en elaborar diferentes MA donde sustituyeron los AN en distintas proporciones para evaluar las propiedades de las mezclas con estos áridos. Los resultados demostraron que la MAC que contenía de 25% de ARC proporcionó propiedades volumétricas comparables a la muestra de control. Llegaron a la conclusión que es posible utilizar agregado de RC para reemplazar parcialmente los agregados en la MAC. Por otra parte, explicaron que reemplazar más de 25% de AN conllevaron a que no se cumpliera con los criterios de aceptación, ya que demandaría mayor cantidad de CA en la MA.

Bastidas et al. [23] tuvieron como propósito encontrar el COA en una mezcla densa caliente (MDC). La metodología que emplearon fue recolectar los ACR, donde a cierta cantidad de estos se les introdujo 1, 3, y 5 ciclos en una solución líquida de sulfato de magnesio, a los cuales les realizaron sus respectivos ensayos. En cuanto a los especímenes, se realizó una MDC-19 patrón, en otra se sustituyó 21% de los áridos naturales con ACR a la cual se le denominó como MDC-CR, MDC-CR 1C, MDC-CR 3C, Y MDC-CR 5C. En sus resultados resaltaron que con el espécimen MDC-CR 5C consiguió valores cercanos a los de la muestra control para un contenido de CA óptimo de 5.5 %. Concluyeron, desde una perspectiva técnica que el tratamiento químico empleado en el ACR benefició a las propiedades de la muestra.

Kareem et al. [24], señalaron como objetivo evaluar el efecto del mezclado mecánico y la compactación sobre las propiedades físicas de los frágiles RCD usados en MAC. Metodología se prepararon especímenes de asfalto con 0%, 25%, 50%, 75% de RCD, de acuerdo con el procedimiento Marshall, se consideró tres muestras de cada mezcla. Sus resultados revelaron que las MAC con RCD su estabilidad y flujo aumentaron con respecto a la mezcla patrón. En tanto la mezcla control su COA salió menor que las mezclas con RCD. Concluyeron que, al aumentar cantidad los RCD en la MAC entonces la tasa de rotura de los agregados también creció, pasó lo mismo con la cantidad de agua que absorbieron los RCD.

Espino et al. [25], mencionaron que su objetivo fue proponer los RCD para que sean reincorporados en la elaboración de MAC. En tanto su metodología consistió en que los agregados pasaron por controles de calidad, para posteriormente hacer el diseño de las MAC con el método Marshall. Así pues, los resultados demostraron que con 80% de AGN y 20% de RCD su COA fue 6.84%. Llegaron a la conclusión, que la estabilidad y flujo fueron muy similares a la muestra patrón.

## **Nacionales**

Lazo y Manrique [26], tuvieron como objetivo evaluar las propiedades del ACR para su uso en el diseño de MAC. Su metodología se basó en realizar pruebas en el laboratorio a

los agregados pétreos así como reciclados, y a las mezclas bituminosas con sustitución de 30%, 50% y 75% de AGN por ACR, en donde emplearon el método Marshall. Sus resultados arrojaron que el máximo contenido de ACR en la MAC fue de 35%. Concluyeron que el reemplazo parcial del agregado grueso en la MAC para pavimentación de vías urbanas fue factible.

Santa Cruz [27], tuvo como objetivo verificar si es viable la elaboración de MAC con material asfáltico reciclado obtenido de la zona. Para ello se tuvo como metodología, la preparación de 4 tipos de mezcla con material asfáltico de 0%, 20, 40, y 60. En sus resultados señaló que con 40% del material reciclado y con 6% de CA cumplió con los parámetros de ensayo Marshall. A su vez concluyó, que la nueva mezcla es más rígida y resistente, debido al aporte del material reciclado.

### **Local**

Por ser un tema de investigación relativamente nuevo, no se han encontrado, investigaciones similares relacionados a sustituir parcialmente el agregado grueso por residuos de construcción en mezclas asfálticas.

Es por ello que el autor de esta investigación empático con nuestro entorno y de la gran cantidad de residuos de construcción propuso esta tesis experimental, la cual se llevó a cabo en el Departamento de Lambayeque.

De modo que Valera [28], tuvo como objetivo evaluar el efecto del polvo de ladrillo y la cal hidratada al ser empleados como relleno mineral en MAC. Por su parte, la metodología consistió en base a la mezcla tradicional obtener el COA, para luego variar las proporciones del filler entre cal - polvo de ladrillo, 80-20, 60-40, 100 (%) de ladrillo. Los resultados indicaron que la mezcla tradicional tuvo un COA de 5.7%, aún con el reemplazo de cal hidratada por polvo de ladrillo. Se concluyó que los agregados que se utilizaron tanto en el diseño de MA como en los correspondientes ensayos cumplieron con lo que manda las especificaciones técnicas MTC EG-2013, además se usó CA de la refinería de la provincia de Talara.

Tejada [29], tuvo como objetivo diseñar una MA ecologista en base a (PET) reciclado y caucho molido como adición. Para lo cual, empleó el método Marshall para la elaboración de la MAC control y otras que llevaron adición. Sus resultados indicaron que para la MAC control obtuvo 6.10% CA, y una gradación MAC-2. Por lo tanto, concluyó que con la adición de PET en 1% y de caucho molido 1% en la mezcla complacieron con los requisitos establecidos por el "MTC EG 2013".

Bailón [30], tuvo como objetivo analizar el comportamiento de la MAC modificado con plástico reciclado y lo contrastó con la convencional. Los resultados indicaron que con 3% de PET como incorporación y 5.8% de PEN 60/70 en la MAC es una opción dable para un tránsito medio. Entonces concluyó, que sus propiedades mecánicas, así como la durabilidad de la mezcla se vio incrementado.

Esta investigación se justifica porque de esta forma se explora un método alternativo para mitigar los problemas ambientales derivados del uso inadecuado de RCD como el concreto y asfalto al arrojarlos de manera informal; mientras que su importancia esta en aplicar el reciclaje en nuevas MAC para pavimentos en capas de rodadura o superficiales, y así cambiar la imagen que tiene esta industria al contribuir en la reducción de materiales que dañan al medio ambiente.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera influyen los residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso en la producción de mezclas asfálticas?

## **1.3. Hipótesis**

Si se sustituye parcialmente el agregado grueso por los residuos de construcción, entonces mejora significativamente la producción de mezclas asfálticas.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Producir mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso.

## **Objetivos específicos**

Caracterizar las propiedades físicas de los agregados naturales a usar.

Efectuar la caracterización de las propiedades físicas de los residuos de construcción.

Realizar el diseño de MAC patrón tradicional para un tránsito medio.

Realizar el diseño de MAC adicionando los residuos de construcción con 20%, 25%, y 30% como reemplazo parcial de los agregados gruesos para tránsito mediano.

Determinar el porcentaje óptimo de residuos de construcción en la MAC como reemplazo parcial de los agregados gruesos.

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **Residuos de construcción y demolición (RCD)**

Los RCD comúnmente llamados escombros o desechos surgen a partir de las construcciones de nuevas infraestructuras, de la renovación y/o rehabilitación de estructuras existentes, siendo su financiamiento de origen público o privado [31]. Así tenemos a los ACR y de los RAP, siendo los que más resaltan [32]. Por año se ha estimado que los RCD llegan aproximadamente a 1183 millones de toneladas en todo el mundo [33].

A todo ello diversos investigadores en la búsqueda de frenar el impacto ambiental que produce el sector construcción han llegado a la conclusión de la viabilidad de los RCD al reciclarlos para la obtención de nuevos materiales para la construcción [34].

En varios países del mundo han comenzado a utilizarlos para sustituir a los agregados naturales, tratando de que la industria de la construcción logre ser sostenible [35].

### **Clasificación de los RCD**

Los RCD se pueden catalogar según se precisa dado su [36]:

#### ***Origen***

Desperdicios de demolición: se considera a todos los elementos u objetos que estén ligados a estructuras que hayan completado su vida útil o requieran una renovación, los cuales suponen un cierto riesgo.

Desperdicios de construcción: cualquier material u objeto que provenga de un proceso cualquiera de construcción, ya sea para un nuevo trabajo, remodelación o reparación.

Desperdicios de excavación: es el material que es generado previo al comienzo de la obra, producto de los trabajos de excavación.

### ***Naturaleza***

Desperdicios inertes: es el material que no es considerado perjudicial, dado que no experimenta cambios físicos, químicos o biológicos.

Desperdicios no especiales: son todos los materiales que no son necesarios ciertos cuidados especiales.

Desperdicios especiales: debido a sus propiedades de alto riesgo, cualquier material u objeto que son generados en la industria, los cuales requieren cuidados y tratamientos especiales.

### **Causas de la producción de los RCD**

La generación de los RCD en un proyecto de infraestructura civil radica en las etapas de diseño y ejecución. En la etapa de diseño puede pasar que entre los proyectistas y ejecutores no exista una buena comunicación y mucho menos coordinación. Y en la etapa de ejecución sucede que se desperdicia mucho material, y también el daño de los materiales provocado por un inadecuado almacenamiento [37].

### **Impacto de la construcción en nuestro entorno**

Como es sabido la construcción es un proceso productivo que origina desechos, siendo este sector una de las industrias con mayor producción de residuos llamados RCD, estos ocasionan diversos efectos, un claro ejemplo de ello son los vertidos incontrolados que causan la contaminación de los acuíferos y los suelos, además del deterioro del paisaje y el mal aspecto visual que causan [38].

Los RCD, también están asociados a la generación de grandes impactos sociales que causan un desequilibrio en nuestro estilo de vida, salud, y cultural [39].

En el contexto ambiental Bojórquez [40] advierte que durante la ejecución de un proyecto se debe tener en cuenta los impactos que pueden afectar directamente o indirectamente y es recomendable que al momento de realizar el trazo de una carretera se debe revisar que el bienestar de la comunidad no se vea afectada y mucho menos provoque daños en los ecosistemas existentes.

## **Residuos de construcción empleado como material reciclado**

### **Agregados de concreto reciclado ACR**

Dentro de los residuos de construcción encontramos a los ACR los cuales integran un porcentaje importante, siendo su reciclaje primordial para la construcción con miras hacia el futuro [41].

Los ACR se usan en mezclas de asfalto para eliminar problemas potenciales que surgen al desechar estos materiales, buscando conservar los recursos naturales en referencia a los agregados [42].

### **Agregados de asfaltos envejecidos RAP**

Los agregados de asfaltos recuperados también conocidos en sus siglas en inglés como RAP son reciclados durante el proceso de rehabilitación o mejoramiento de carreteras siendo nuevamente utilizados para la elaboración de nuevas MA [43].

Se conoce también, como reciclaje a la reutilización de pavimentos flexibles luego de llegar al final de su servicio, por lo que pueden ser utilizados en la elaboración de nuevas carpetas asfálticas [44].

El RAP es un material que tiene una gran heterogeneidad lo que se puede interpretar como contenido de asfalto residual de granulometría variable, con la particularidad de tener generalmente finos muy bajos. Cuando el pavimento cumple con su vida útil es sometido al proceso de fresado, teniendo en cuenta que el RAP está compuesto por CA y AN los cuales conforman la carpeta asfáltica [45].

Cabe indicar que, a través de una matriz de Leopold se evaluó el impacto ambiental de los residuos de construcción en una mezcla de asfalto (ver ANEXO VIII).

### **Agregado grueso (AG)**

Es un material trascendental en obras de construcción, que integra la mezcla bituminosa, al ser parte de esta, puede soportar esfuerzos debido a sus características de resistencia, en cuanto a su granulometría comúnmente es retenido en el tamiz N° 4 [46].

### **Agregado fino (AF)**

Son partículas que están definidas de acuerdo a su granulometría como el material que pasa a través de la malla N°4 y se dificulta el paso en la N° 200, procedentes de las rocas a partir de un proceso de disgregación por efectos aluviales o de vientos [47].

### **Filler**

Es el resultado de la combinación homogénea de la arcilla, piedra caliza, con otros componentes, que se consiguieron por la trituración bien fina de Clinker y calcinación de la mezcla [29]. Son utilizados en la producción de MA, para tapar cavidades vacías que deja el aglomerante, previniendo el ingreso de sustancias que puedan afectar a la mezcla [48]. El Sistema de clasificación de suelos SUCS, lo conoce como polvo mineral que pasa en su totalidad por malla N° 200. Por otro lado, es un producto que se comercializa en polvo como el cemento o cenizas volantes procedentes de centrales térmicas [28].

### **Especificaciones de los agregados**

El Ministerio de Transportes y Comunicación “MTC EG 2013” [49]; es directo en señalar el cumplimiento de los requerimientos para los agregados minerales indicados en las tablas I y II.

**Tabla I**  
Requerimientos para los AG

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m)	
		< 3000	> 3000
Durabilidad	MTC E 209	18% máx	15% máx
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx	35% máx
Part. chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx	10% máx
Caras fracturas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Absorción	MTC E 206	1% máx	1% máx

Nota: tabla 423-01 perteneciente a la sección 423 de [49].

**Tabla II**  
Requerimientos para los AF

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de arena	MTC E 114	60%	70%
Angularidad de A.F	MTC E 222	30%	40%
I.P (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (Sulfato Mg.)	MTC E 209	-	18% máx.
I.P (malla N° 200)	MTC E 111	4% máx	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

Nota: tabla 423-02 mostrado en la sección 423 de [49].

## Gradación de la MAC

Para la elaboración de MAC depende en gran medida de la gradación (tamaño de las partículas) de AN además de las fracciones que pasan por los tamices especificados en la subsecuente tabla III, para ello es necesario un análisis granulométrico teórico combinando los materiales granulares, para luego determinar el tipo de MAC [49].

**Tabla III**  
Gradación para MAC

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
1"	100		
3/4"	80-100	100	
1/2"	67-85	80-100	
3/8"	60-77	70-88	100
N.º 4	43-54	51-68	65-87
N.º 10	29-45	38-52	43-61
N.º 40	14-25	17-28	16-29
N.º 80	08-17	08-17	09-19
N.º 200	04-08	04-08	05-10

Nota: tabla 423-03 indicada en la sección 423 de [49].

## Mezclas asfálticas (MA)

Es la capa superficial para la superficie de la carretera, que consiste en agregados de roca mezclados con material bituminoso; en la planta central, caliente o fría, o en la calle. La mezcla puede tener una textura abierta o una textura cerrada dependiendo de las "características granulométricas de los áridos". El conglomerado bituminoso caliente consta de dos tipos de materiales: áridos rocosos y CA. Los agregados de roca se catalogan por tamaño, comúnmente están divididos en AF y AG. Cada componente de la mezcla cumple una función específica, según el diseño y la dosis, garantiza que no se pase por alto ninguno de ellos. El agregado rocoso tiene la función de soportar las cargas ejercidas a la estructura del suelo, donde existe resistencia al desgaste por fricción y adherencia entre las piezas individuales del agregado [50].

El agregado tiene una forma angular con una superficie rugosa, hace que la MA sea más estable. En la mezcla, los áridos utilizados se clasifican de forma natural o artificial, lo que significa que habrá espacios entre ellos; estos vacíos se llenarán con el agregado fino. Además, señala que este último afecta la densidad y la resistencia; el grano afecta la trabajabilidad. Cuando se usa un AG excesivo, la mezcla se torna gruesa y trabajosa de manipular. Cuando se usan cargas minerales en exceso, la mezcla se torna viscosa y dificultosa de manipular [50].

Teniendo en cuenta la mezcla de áridos sin asfalto, todos sus espacios intergranulares están vacíos, el volumen de estos áridos vaciados depende del tamaño de las partículas y puede variar. Cuando se agrega CA, se llena parte de estos huecos llenos de aire, lo cual es importante para las propiedades de la mezcla. El término huecos llenos de aire se usa porque están desequilibrados, a su vez se expresan como un % de la mezcla compactada total [50].

El CA sufre una variación de volumen, dependiendo de la temperatura y si la capa de asfalto no presenta espacios de aire durante su instalación, o los pierde por el tránsito, cuando el asfalto se asienta, se expande, brota en superficie, condición conocida como protuberancia [50].

Por otro lado, para el diseño de MA pueden encontrarse diferentes métodos para el diseño óptimo en laboratorio; siendo los más utilizados Marshall y Hveem. La importancia de la práctica de diseño de mezcla incurre en el desempeño de la mezcla, así como en su tiempo de vida. Por ello la simulación de acción mediante las pruebas de laboratorio sirven de sobremanera para la proyección de los diseños y su utilidad para los diferentes proyectos que se ejecutarán. Si las pruebas de laboratorio se desarrollan de manera rigurosa y adecuada, las fórmulas de trabajo aportarán a que la dosificación en las mezclas refleje el mejor comportamiento con respecto a las condiciones de tránsito y climas previstos [50].

## **Tipo de mezclas asfálticas**

### ***En frío***

Estas mezclas se usan con emulsiones asfálticas y se utilizan para la construcción y mantenimiento de vías secundarias. Para disminuir su envejecimiento se debe hacer uso del sellado a través de lechadas asfálticas. Una de sus características tras la fabricación es la trabajabilidad inclusive durante semanas [50].

### ***En caliente***

Comúnmente empleado en carreteras, aeropuertos y vías urbanas [50] en capas de rodadura como mezclas cerradas denominándose así por la cantidad de huecos que hace que el agua penetre poco en las capas base y sub-base, al ser poco permeables se pueden introducir por las grietas [51].

La MA es el resultado de combinar CA y áridos pétreos con diferentes granulometrías. Por lo que las cantidades que se tengan de cada material van a afectar directamente a las propiedades físicas e incluso su rendimiento de esta mezcla [28].

## **Propiedades de las MAC**

Para obtener mezclas asfálticas de calidad buena es necesario controlar el proceso de producción para cumplir con los requisitos y propiedades [52], tales como:

Trabajabilidad

Resistencia a las condiciones climáticas

Durabilidad

Resistencia al envejecimiento

Impermeabilidad

Resistencia al deslizamiento

Resistencia a fatiga

Resistencia bajo carga

Resistencia a las deformaciones

## **Asfalto**

Es utilizado para el revestimiento de la superficie de las vías de comunicación y de esta manera se busca impermeabilizar dicha estructura. Al tener una superficie de rodadura uniforme otorga una mayor seguridad, comodidad y movilidad [53].

Está compuesto químicamente por una secuencia de hidrocarburos, y es considerado un material termoplástico. Es posible encontrarlo en su forma natural o como derivado del petróleo producto de la destilación, siendo este último el más empleado por la industria de la construcción de carreteras. Al ser un material viscoso a alta temperatura y quebradizo a baja temperatura pudiéndose evidenciar la susceptibilidad a las variaciones de temperatura [54].

Es un material que presenta una respuesta compleja a las fuerzas. La respuesta que tiene a los esfuerzos dependerá del tiempo de carga y la temperatura. Por lo que cualquier estudio de asfalto que se haga debe ser estudiado según su naturaleza. Un gran número de ensayos se hacen en asfaltos [55].

Es un material de aspecto oscuro, formado básicamente por la aglomeración de hidrocarburos de pesos moleculares considerables y no volátiles provenientes directamente del petróleo en su estado natural. Con respecto al petróleo y el asfalto, sus componentes se encuentran disueltos; para lograr la obtención de asfalto, normalmente la evaporación de yacimientos naturales en la superficie nos proporciona el asfalto natural. Para la obtención mediante un proceso industrial el producto que representa más al compuesto [55].

### ***Composición química del Asfalto***

Su constitución química de las moléculas del asfalto es fija dado su disposición interna. Por tanto, es una mezcla química enrevesada donde está compuesta principalmente por moléculas de hidrocarburos con cantidades exiguas de componentes policíclicos de grupos funcionales y estructuralmente similares que contienen átomos de azufre, nitrógeno y oxígeno. Cabe indicar que el asfalto posee pequeñas cantidades de metales como calcio, hierro, magnesio, níquel, y vanadio, encontrándose en la forma en que presentan las sales

inorgánicas y óxidos en las estructuras de porfirina. Además, el asfalto se clasifica en grupos llamados Asfaltenos y Maltenos [55].

### ***Propiedades del Asfalto***

Navarrete [56] nos dice que sus propiedades más resaltantes, las cuales se consideran en el diseño, construcción y en el mantenimiento de carreteras:

Su durabilidad, se refiere al tiempo que permanece en el cemento sus características, después de que este se expone a procesos de envejecimiento y degradación.

La adhesión es la resistencia del cemento para unirse con el agregado para formar la MA.

La cohesión hace referencia a la capacidad de que el asfalto se mantenga firmemente, en su lugar.

Presenta una susceptibilidad a endurecerse y envejecer, esto es ocasionado por la combinación con el oxígeno o por la volatilización.

Es susceptible a las temperaturas, ya que es una de las propiedades con mayor importancia en el asfalto, esta propiedad es de distinto origen, sin considerar que posean el mismo grado de consistencia.

### **Método Marshall en mezclas asfálticas en caliente**

Fue desarrollado por el ing. Bruce Marshall mediante una prolongada investigación, que lo llevó a mejorar y adicionar algunos procedimientos de la prueba Marshall, y al mismo tiempo pudo desarrollar un criterio para el diseño de mezclas [57]. Este método está normado por la ASTM 1559 (American Society for Testing Materials, 1989) o AASHTO T245. Siendo su objetivo determinar el COA para la granulometría establecida, obedeciendo los requisitos de durabilidad, desempeño y trabajabilidad [58].

El método prístino fue empleado en MAC, que incluyan un tamaño máximo de 1" o su equivalente en 25 mm, mientras que para el método modificado alcanzó tamaños máximos por encima de 1.5" o 38 mm, está preconcebido su diseño de MAC de graduación cerrada en el laboratorio hasta su control en campo. Puesto que la prueba de estabilidad es de carácter

experimental, los resultados pierden relevancia al hacer cambios en el procedimiento estándar para su estimación del comportamiento en campo [59]

En cuanto a las briquetas sus dimensiones estándares son 2 ½" (64 mm) de altura y diámetro de 4" (102 mm). Los aspectos primordiales de este método son la densidad y vacíos; del mismo modo la prueba de estabilidad y flujo de las muestras compactadas, vale la pena indicar que para los áridos minerales y CA no contempla pruebas en el proceso de diseño [57].

### **Gravedad específica Bulk**

Es la proporción entre dos masas una relacionada al volumen del material y la otra es al volumen de agua destilada con igual temperatura exento de gas. Con el resultado de esta relación se puede determinar el peso unitario para mezclas asfálticas densas compactas y también el % de vacíos con aire [60].

### **Estabilidad Marshall**

Se entiende como la idoneidad de una mezcla específica, para aguantar tanto los desplazamientos, así como las deformaciones debido al tránsito, donde las partículas de los agregados tienen mucho que ver por su cohesión y fricción interna, dado a que tienen un vínculo directo con la particularidad en el sentido de textura y forma. La cohesión se conserva porque está relacionada con la cualidad del ligante [28], no obstante, al aumentar el %CA en la MA se ve incrementada la estabilidad [61]. Cuya carga máxima se puede encontrar en unidades Kg o Lb para cada espécimen en condiciones normales sin que se presenten fallas [62].

### **Flujo Marshall**

Se refiere a deformación vertical o en altura total del espécimen debido a que está subyugado por la carga máxima, siendo este el instante donde la carga comienza a disminuir. También nos indica una posible deformación permanente de mezclas densamente graduadas. De modo que la obtención de un flujo superior a 16 (0.01") puede significar la inestabilidad de la mezcla bajo cargas de tráfico [61].

## **Vacíos**

Se refiere al aire que queda atrapado en la mezcla compactada. Por otro lado, un bajo porcentaje de vacíos resultará en una mezcla con menor permeabilidad, mientras que un elevado porcentaje de vacíos nos dará una mezcla porosa, por ende, permitirá que el agua ingrese a través de su contextura. En consecuencia, para el diseño de mezclas en laboratorios los vacíos están en un rango de 3% a 5%, y en campo se puede tener vacíos menores al 8% de modo que se consiente que la carpeta pueda compactarse bajo la acción del tránsito [61].

## **Vacíos del agregado mineral**

Se explica cómo el volumen de vacíos o aberturas que existen luego de compactar la mezcla con las partículas de agregado, dicho de otra manera, como el volumen correspondiente al agregado mineral saturado cuya superficie está seca, lo cual representa cierta fracción del volumen absoluto de la mezcla compactada [62].

## **Relación Filler - betún**

En pocas palabras es definido como el nexo entre el volumen de agregado que atraviesa el tamiz N° 200, sobre el mismo volumen señalado anteriormente más el volumen de asfalto [62].

## **Contenido de asfalto**

Es el porcentaje o fracción que se añade a la mezcla, donde cierta porción queda succionada por las partículas de agregado a esto se le conoce como asfalto absorbido mientras que el asfalto efectivo será el sobrante del asfalto que envuelve a las partículas. Cabe señalar que el COA en la mezcla depende de la absorción del material y granulometría [61].

## **II. MATERIALES Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y Diseño de Investigación**

Esta investigación fue de tipo aplicada, puesto que estaba orientada a aportar una alternativa de solución frente a los sucesos ambientales y sociales que estamos viviendo actualmente.

En efecto su diseño de esta investigación fue experimental, puesto que, la variable independiente (residuos de construcción) fue empleada en la producción mezclas asfálticas (variable dependiente) con la finalidad de observar que alteraciones provoca en sus propiedades mecánicas como físicas. Para ello se tuvo que hacer una muestra patrón de MAC convencional y otras modificadas con residuos de construcción.

### **2.2. Variables, Operacionalización**

#### **Variable Independiente**

Residuos de construcción

#### **Variable Dependiente**

Producción de mezcla asfáltica

**Tabla IV**  
Operacionalización de la variable independiente

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Sub indicadores</b>	<b>Índices</b>	<b>Técnica e instrumento de recolección de datos</b>
Variable independiente  Residuos de Construcción	Los residuos de construcción son los desperdicios, se dan luego de realizar la actividad constructiva [63] , en nuestro caso se ha tomado en cuenta a los ACR y RAP	Características físicas	Granulometría		mm	Observación y recolección de información
			Caras Fracturadas		%	
			Part. Chatas y alargadas		%	
			Sales totales	-	%	
			Durabilidad		%	
			Abrasión		%	
			Absorción		%	
			Peso unitario		gr/cm <sup>3</sup>	
Peso específico		gr/cm <sup>3</sup>				

*Nota:* Aquí se indica la variable independiente de este estudio.

**Tabla V**  
Operacionalización de la variable dependiente

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Sub indicadores</b>	<b>Índices</b>	<b>Técnica e instrumento de recolección de datos</b>	
Variable dependiente			Asfalto	Cemento asfáltico	%	Análisis de documentos	
	es el proceso en el cual se agregan los materiales necesarios, obtener un producto cuyas características destacables es su color negro, ser viscoso y glutinoso, teniendo como finalidad ser empleado como capa de rodadura para la transitabilidad vehicular [64]	Composición estructural		A. fino	%	MTC. E 204 -2000 / ASTM D422	
				Agregados	A. grueso	%	MTC. E 204 -2000 / ASTM D423
					Filler	%	Análisis de documentos
Producción de Mezclas Asfálticas			Propiedades Mecánicas	Estabilidad	-	KN	Observación, y análisis de documentos
				Flujo	-	mm	
				Estabilidad/Flujo	-	kg/cm	
				Peso específico Bulk	-	gr/cm <sup>3</sup>	
			Propiedades Físicas	vacíos	-	%	Observación y recolección de información
				V.M.A	-	%	
				Polvo/asfalto	-	%	
			%vacíos llenos C.A	-	%		

*Nota:* En este cuadro se indica la variable dependiente de este estudio.

## **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **Población**

Se consideró como población a la totalidad de briquetas compuestas por MAC convencional como muestra patrón del cual se partió la experimentación, y otros con distintos porcentajes de sustitución de agregado grueso por residuos de construcción, en el que se empleó la metodología de diseño Marshall en función de un tránsito.

### **Muestra**

Para delimitar el total de muestras se ha sopesado porcentajes de CA PEN 60-70, con 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%; y para cuatro porcentajes (0%, 20%, 25%, 30%) de sustitución del agregado grueso. Se tuvo en cuenta el manual de ensayos "MTC 2016" [65], en el que indica que como mínimo se debe realizar 3 briquetas por cada porcentaje de asfalto.

### **Muestreo**

Se utilizó el muestreo probabilístico simple para elegir las briquetas que posteriormente pasaron a formar la muestra.

### **Criterios de selección**

Los residuos de construcción, material de reciclaje que se seleccionó a partir de los datos obtenidos de investigaciones similares, considerando factores ambientales y sociales, dada la composición de la MAC, llevaron a este estudio a emplear material del hormigón y de pavimentaciones asfaltadas; dejando de lado al ladrillo, la cerámica, etc. Dado que anteriores estudios señalaron que estos materiales tienen una absorción muy superior a la del agregado mineral, lo que implica, que la MAC con material reciclado absorbe más cantidad de CA en comparación a la mezcla convencional en caliente.

Para la investigación las muestras estuvieron constituidas por las mezclas con distinta cantidad porcentual de residuo de construcción, 0%, 20% (10% ACR+10%RAP), 25% (12.5% ACR+12.5%RAP), 30% (15% ACR+15%RAP), se realizó la sustitución en peso; para un mejor entendimiento ir a la tabla VI.

**Tabla VI**  
Cantidad de ensayos de mezclas asfálticas

Tipo de probetas	Ligante asfáltico	Diseño				Sub total de las muestras
		Patrón	Sustitución			
			0%	20%	25%	
Briquetas	4.50%	3	3	3	3	12
	5%	3	3	3	3	12
	5.50%	3	3	3	3	12
	6%	3	3	3	3	12
	6.5%	3	3	3	3	12
<b>Total de muestras a elaborar</b>						<b>60</b>

Nota: en esta tabla, se detalló el total de muestras a elaborar.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### Técnicas de recolección de datos

Las técnicas son los procedimientos que se realizaron para la obtención de datos y para alcanzar los objetivos planteados previamente, a diferencia de los métodos, las técnicas resultan ser específicas con lo que se quiere destacar o resaltar, por tanto, el carácter de estas mismas es práctico y realizable.

Para ello se definió que la utilidad de las técnicas corresponde a la investigación para: recolectar, analizar, conservar y transmitir los datos de los problemas o fenómenos que han sido fin de estudio [66].

En el caso específico de este trabajo se tuvo en cuenta la observación, revisión documentaria y medición.

### **Observación**

Considerando el impacto perjudicial de los residuos de la construcción sobre el medio ambiente, esta técnica buscó estudiar las características físicas de los materiales, de acuerdo a la normativa, se estableció ciertos estándares de calidad y cantidad; de igual manera fue necesario en el proceso para ensayar las briquetas donde se obtuvieron resultados que

fueron anotados en los instrumentos de recolección de datos, los cuales se encuentran en la parte de los anexos.

### ***Revisión Documentaria***

Para este estudio fue necesario recabar información de artículos en revistas científicas de alto prestigio, de igual forma tesis de repositorios, libros, así como normas y manuales. Para su posterior análisis y compilación, otorgándole validez y confiabilidad.

### **Instrumentos de recolección de datos**

#### ***Guía de observación***

Fueron de mucha ayuda artículos y tesis en donde describen parte del proceso, así como los diferentes materiales usados y pruebas que llevaron a cabo, de acuerdo a la normatividad del país. No obstante, se tuvo total consideración el manual del MTC vigente.

#### **Guía de Análisis Documental**

En este punto se usaron formatos que el Laboratorio tenía para los ensayos de los materiales, considerando los límites mínimos y máximos que menciona el MTC en su manual. A continuación, en la fig. 1, tenemos algunos equipos que se emplearon en esta investigación como: la máquina de los ángeles, aparato Marshall, horno, termómetro, balanza, cocina, etc.



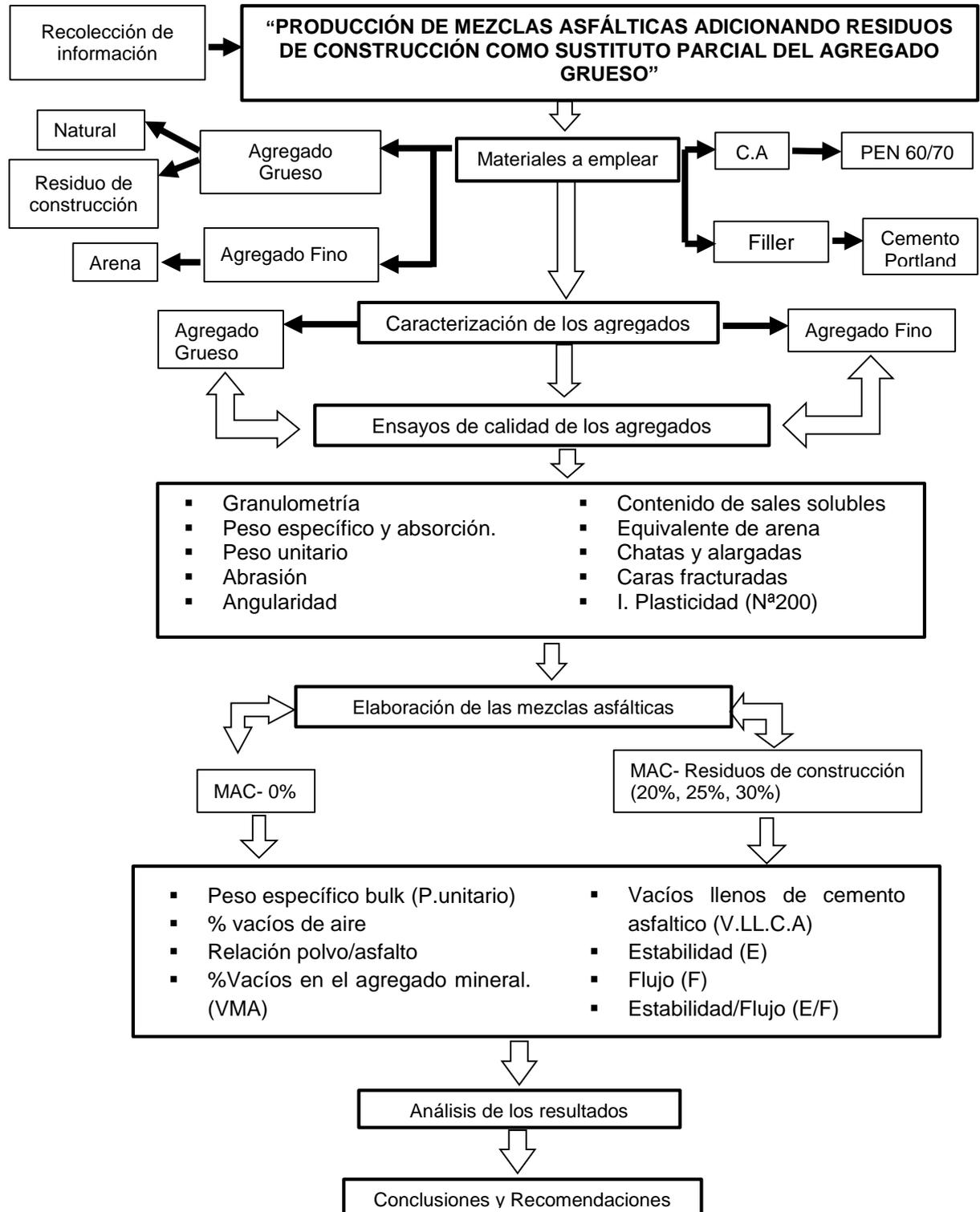
**Fig. 1.** Instrumentos del laboratorio LEMS W&C

Nota: se muestran imágenes de algunos equipos que fueron necesarios para este estudio.

## 2.5. Procedimiento de análisis de datos

### Diagrama de flujo de procesos

En la fig. 2 tenemos el procedimiento que siguió la investigación para obtener los resultados.



**Fig. 2.** Diagrama de flujo

Nota: En este esquema se detalló el proceso que siguió esta investigación.

## Descripción de procesos

### Adquisición de los materiales a emplear

Los materiales tales como el agregado mineral (grueso y fino), así como el asfalto PEN 60/70 se obtuvieron de la planta de asfalto del Gobierno Regional de Lambayeque (GRL) situada en Batan Grande, los cuales fueron donados fig.3.



**Fig. 3.** Planta de asfalto en candente

Se consideró como filler, el cemento tipo I, el cual se adquirió en una ferretería.

Mientras que el material reciclado se obtuvo a partir de las diferentes obras de construcción, del Distrito de José Leonardo Ortiz y Chiclayo. Para ello se creyó conveniente emplear residuos de construcción, de hormigón y asfalto, (fig. 4) dado que estos poseen agregado mineral grueso el cual es un material fundamental en MAC, y se desestimó el uso de otros materiales tales como el ladrillo, cerámica, porcelanato, entre otros; debido a que estos tuvieron poca resistencia al desgaste y mayor absorción, de acuerdo con las fuentes consultadas (Artículos).



**Fig. 4.** Obtención de los residuos de construcción

Nota: en la imagen se puede visualizar los residuos que se emplearon en este estudio.

### **Pruebas de calidad en agregados**

Los ensayos se realizaron (fig. 5) de acuerdo con las especificaciones técnicas “MTC EG-2013” y el manual de ensayo de materiales, tanto para el árido grueso como fino encontrados en la tabla I y II de este documento.



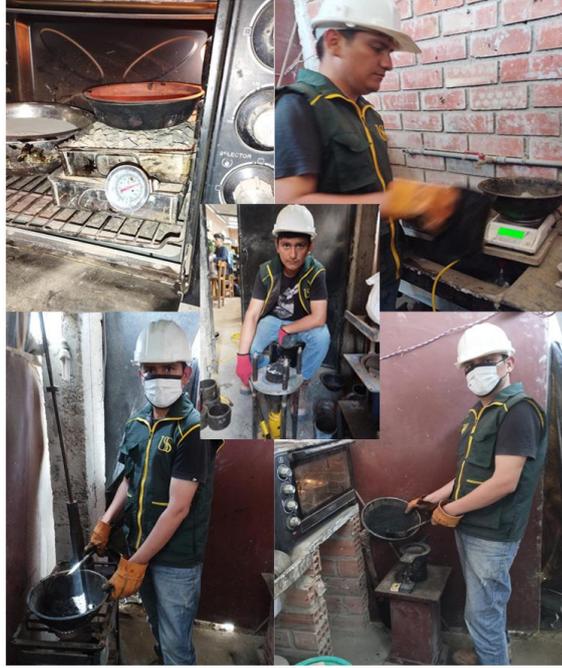
**Fig. 5.** Desarrollo de los ensayos a los agregados

Nota: se puede observar algunos ensayos que se hicieron en el laboratorio a los agregados.

Con la información de la granulometría de los agregados se pudo determinar la gradación MAC según la tabla III y con ello la dosificación de los agregados para un peso de 1200 gr de cada briqueta, considerando los porcentajes de CA.

### **Fabricación de briquetas**

En este proceso se inspeccionó que la temperatura de la MA, que este entre 120 a 150°C; luego se colocó en el molde para su compactación con el martillo Marshall, donde la cantidad de golpes por cara depende del tipo de tránsito.



**Fig. 6.** Proceso de fabricación de las muestras

Nota: lo que fue el paso a paso para la fabricación de briquetas.

### **Ensayo Rice**

Este ensayo fig. 7 se hizo a la MAC sin compactar a temperatura ambiente para estimar su peso específico, el cual se empleó en el cálculo de vacíos en las briquetas y para saber cuánto CA absorbe el agregado.



**Fig. 7.** Ensayo Rice

Nota: En la imagen podemos ver que la bomba de vacíos quitó el aire atrapado en el recipiente y luego en el matraz.

### **Peso específico Bulk**

Se realizó a las briquetas, para determinar el porcentaje de vacíos de aire como se muestra a continuación en la fig. 8.



**Fig. 8.** Peso específico Bulk

Nota: Aquí se cronometró 3 min, y al culminar se apuntó el peso de la muestra sumergida y posteriormente el peso superficialmente seco.

### **Ensayo con máquina Marshall**

Las briquetas se sumergieron en un baño maría por aproximadamente 30 a 40 min a una temperatura de 60°C. Luego se retiraron y se procedió a ensayar en la máquina Marshall durante cerca 30 seg, donde esta ejerció una fuerza de compresión sobre la muestra a una velocidad de 50 mm/min con ello se obtuvieron los datos de estabilidad y flujo para cada briqueta.

### **2.6. Criterios éticos**

Es crucial remarcar que todas las investigaciones científicas, así como sus resultados se han basado en dos aspectos fundamentales como la confianza dirigida al investigador y otra que es relativa a la condición del investigador tal como la conducta ética [67].

Conforme al código de ética de la USS [68] en los artículos 5, 6, y 7, han indicado las pautas para el desarrollo de la investigación tales como el consentimiento que el autor otorga para que su investigación sea empleada y referenciada por posteriores estudios, y así eludir penalidades que se disponen en esta, respetando la propiedad intelectual. Con ello la protección del autor y la transparencia de la investigación está asegurada, ya que obedecen a los criterios éticos y de rigor avalados por la comunidad científica.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

Mediante los ensayos ejecutados en el laboratorio, se obtuvieron resultados de acuerdo a los objetivos estipulados en esta investigación y obviamente los informes se encuentran en los anexos en el apartado II.

##### A) Resultados objetivo N°1:

##### A.1) Determinación granulométrica de los agregados naturales

##### A.1.1) Agregado Grueso Natural

Se consideró el MTC E 204 del manual [65], cuyas mallas empleadas fueron desde el orden de 3/4" a N°200, tal y como se observa en la fig.9.

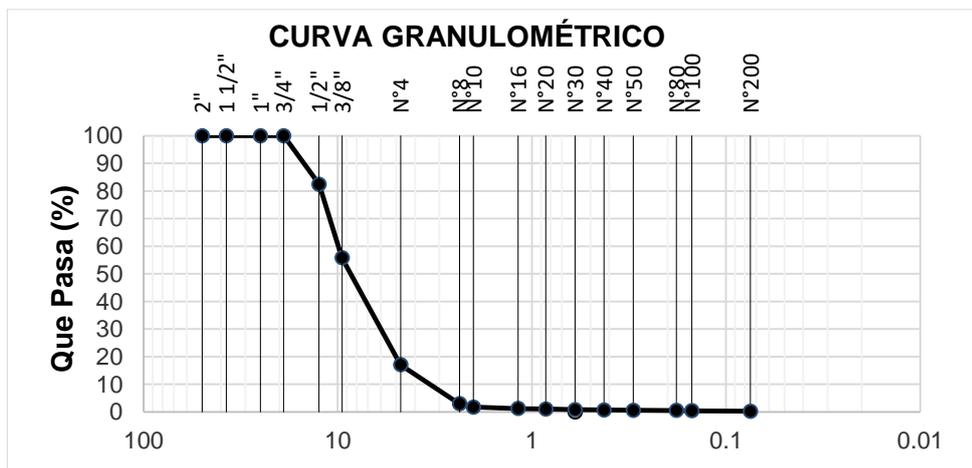
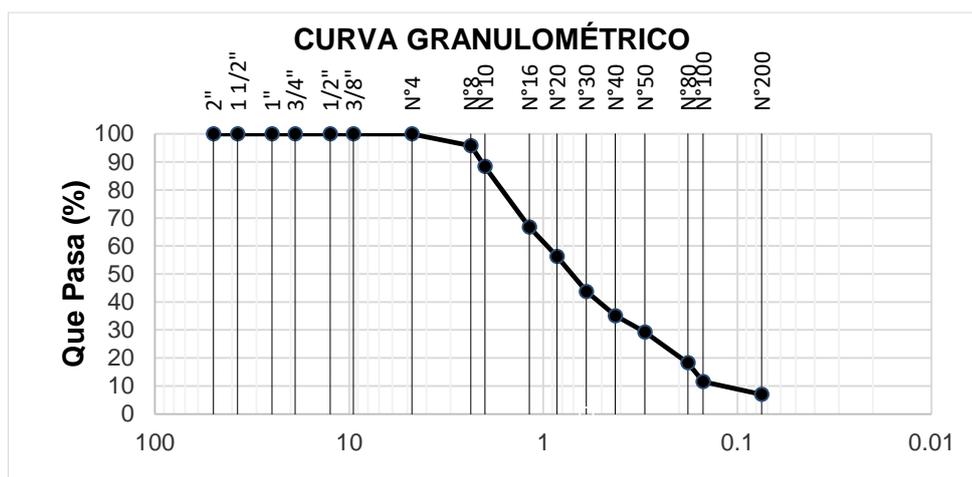


Fig. 9. Curva granulométrica A. grueso

Nota: su tamaño máximo nominal (TMN) fue 1/2" de modo que el 17.58% quedó obstaculizado en esta malla.

##### A.1.2) Agregado Fino

De acuerdo con la fig.10 las mallas a usar comenzaron desde la N°4 hasta N° 200.



**Fig. 10.** Curva granulométrica del A. fino

Nota: su peso inicial seco fue 1210 gr y el primer retenido de este material se dio en el tamiz N°8 siendo el 95.8% el material que avanzó hacia el resto de tamices.

### A.2) Ensayos de calidad de los agregados naturales

A continuación, en las tablas VII, y VIII, se resumieron los resultados para cada ensayo estipulados por el "MTC EG 2013", tanto para A. finos y gruesos naturales.

**Tabla VII**

Compendio de ensayos de inspección de calidad del agregado grueso

<b>Inspección de calidad del agregado grueso</b>			
<b>Pruebas</b>	<b>Resultados</b>	<b>Altitud ≤ 3000 m.s.n.m</b>	<b>Referencia</b>
Sales solubles absolutos	0.34%	0.5% máx.	MTC E 219
Abrasión-Los Ángeles	17.56%	40% máx.	MTC E 207
Caras fracturadas	86.80/74.94	85/50	MTC E 210
Partículas chatas y alargadas	8.94%	10% máx.	MTC E 223
Durabilidad "sulfato de Mg"	6.79%	18% máx.	MTC E 209
Absorción	0.84%	1% máx.	MTC E 206
P. específico	2.679	gr/cm <sup>3</sup>	MTC E 206
P. unitario seco suelto y compactado	1.436/1.536	gr/cm <sup>3</sup>	MTC E 203

**Tabla VIII**

Compendio de ensayos de inspección de calidad del agregado fino

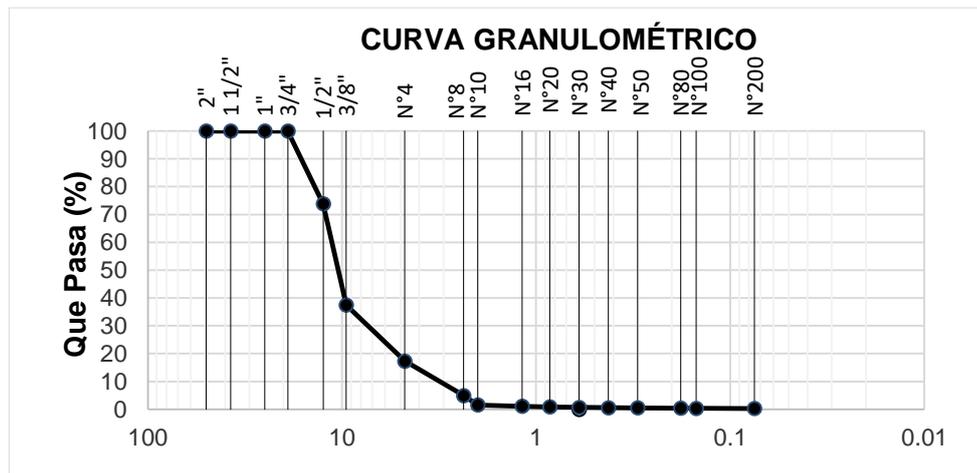
<b>Inspección de calidad del agregado fino</b>			
<b>Pruebas</b>	<b>Resultados</b>	<b>Altitud ≤ 3000 m.s.n.m</b>	<b>Referencia</b>
Sales solubles absolutos	0.21%	0.5% máx.	MTC E 219
Indicador de plasticidad N° 200	2.25%	4% máx.	MTC E 111
Indicador de plasticidad N° 40	-	-	MTC E 111
Angularidad del agregado fino	38.76%	30% min.	MTC E 222
Durabilidad "sulfato de Mg"	3.38%	-	MTC E 209
Equivalente de arena	72%	60% min.	MTC E 114
Absorción	0.48%	0.5% máx.	MTC E 205
Gravedad específica	2.585	gr/cm <sup>3</sup>	MTC E 205
P. unitario seco suelto y compactado	1.595/1.743	gr/cm <sup>3</sup>	MTC E 203

Nota: Tanto para el A. fino y grueso el manual "MTC EG 2013" indica que se admiten valores por encima de los límites solo si estos garantizan la propiedad de durabilidad de la MA.

**B) Resultados objetivo N°2:**

**B.1) Determinación granulométrica de los residuos de construcción**

Al igual que el AG natural en la fig. 11 se usaron las mismas normas y mallas



**Fig. 11.** Curva granulométrica de los residuos de construcción

Nota: cabe resaltar que su TMN también fue 1/2", vale decir que 26.18% del material se quedó en esta malla.

## B.2) Ensayos de calidad de los residuos de construcción.

Del mismo modo que los agregados naturales, en la tabla IX se elaboró el resumen de los resultados de los RC.

**Tabla IX**  
Compendio de ensayos de inspección de calidad de los residuos de construcción

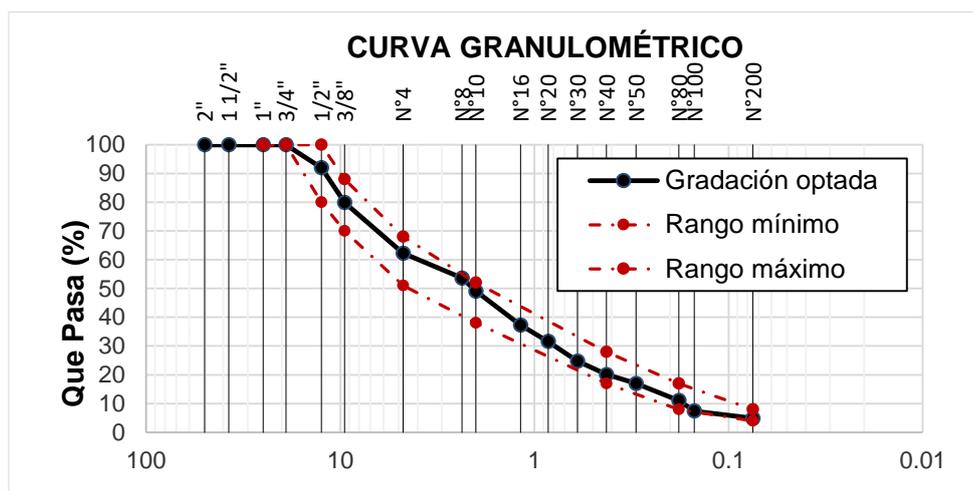
<b>Inspección de calidad del Residuos de construcción</b>			
<b>Pruebas</b>	<b>Resultados</b>	<b>Altitud ≤ 3000 m.s.n.m</b>	<b>Referencia</b>
Sales solubles absolutos	0.52%	0.5% máx.	MTC E 219
Abrasión-Los Ángeles	20.14%	40% máx.	MTC E 207
Caras fracturadas	80.68/50.79	85/50	MTC E 210
Partículas chatas y alargadas	4.21%	10% máx.	MTC E 223
Durabilidad "sulfato de Mg"	14.66%	18% máx.	MTC E 209
Absorción	3.10%	1% máx.	MTC E 206
P. específico	2.515	gr/cm <sup>3</sup>	MTC E 206
P. unitario seco suelto y compactado	1.329/1.447	gr/cm <sup>3</sup>	MTC E 203

Nota: Tanto para el A. fino y grueso el manual "MTC EG 2013" indica que se admiten valores por encima de los límites solo si estos garantizan la propiedad de durabilidad de la MA.

## C) Resultados objetivo N°3:

### C.1) Gradación de los áridos finos y gruesos para la MAC-control.

De acuerdo con la tabla III, se encontró la MAC que se empleó para el diseño de la mezcla, tomando en cuenta el TMN del material grueso, dato que se obtuvo en la granulometría del agregado natural, con ello se llevó a cabo la figura 12.



**Fig. 12.** Gradación para la MAC-Patrón

Nota: de la figura vale decir que para una MAC-2 la combinación satisface los rangos establecidos para esta.

A continuación, la información encontrada en la tabla X y XI fue trascendental para la fabricación de las briquetas.

**Tabla X**  
Porcentajes de los materiales en la MAC-patrón

Componentes	Participación en la MAC				
A. Grueso	45.50%	45.50%	45.50%	45.50%	45.50%
A. Fino	53.50%	53.50%	53.50%	53.50%	53.50%
Filler	1%	1%	1%	1%	1%
Asfalto	4.50%	5%	5.50%	6%	6.50%

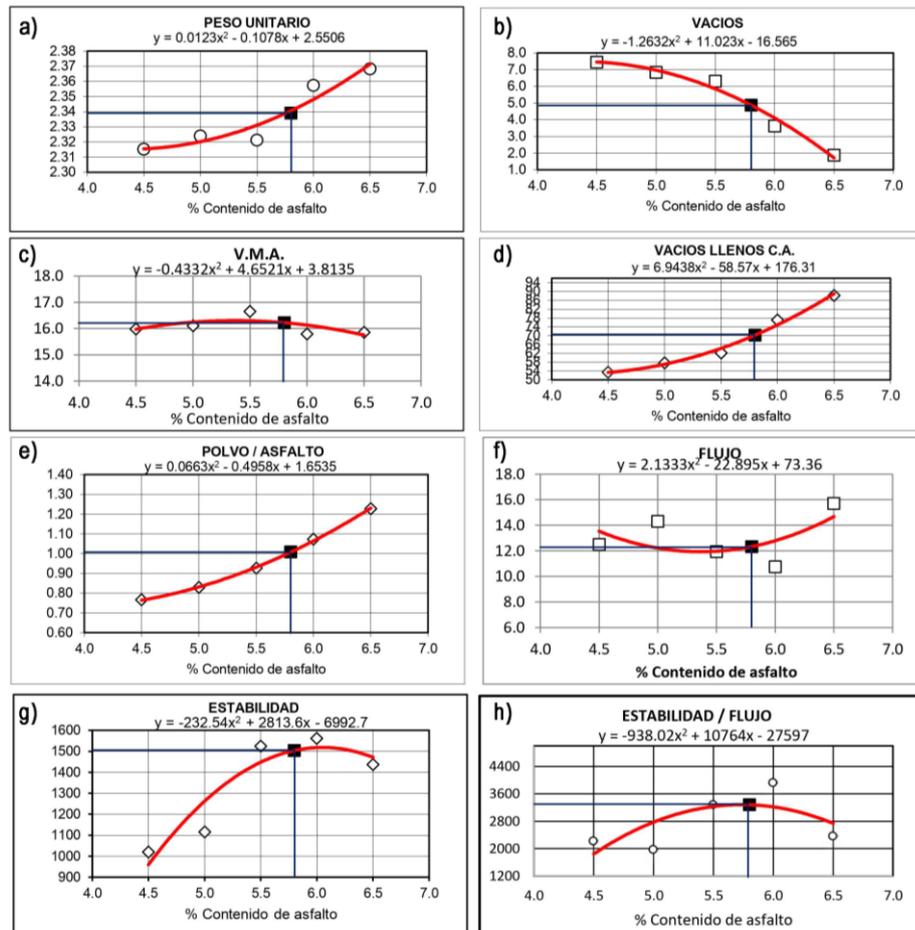
**Tabla XI**  
Peso de los insumos para una briqueta de acuerdo CA (%)

Material	CA (%)	CA (%)	CA (%)	CA (%)	CA (%)
	4.5	5	5.5	6	6.5
A. Grueso	521.43	518.7	515.97	513.24	510.51
A. Fino	613.11	609.9	606.69	603.48	600.27
Asfalto	54	60	66	72	78
Filler	11.46	11.4	11.34	11.28	11.22
<b>Total</b>	1200 gr				

Nota: a partir de la tabla X se obtuvo los pesos necesarios para cada material, en la tabla XI.

### C.2) Propiedades físicas-mecánicas de la MAC patrón

Ahora bien, luego de obtener los resultados promedios para cada una de las propiedades de la mezcla, se pasó a elaborar la fig. 13.



**Fig. 13.** Gráficas de los parámetros evaluados por el método Marshall en el diseño de la MAC-0%

Nota: g) la gráfica muestra que la estabilidad llegó a su pico máximo y luego comenzó a bajar ligeramente entre los últimos dos % CA.

### C.3) Contenido ideal de CA

De las ecuaciones para cada uno de los parámetros, siendo “x” una variable, se asumió valores con incrementos de 0.10 en un rango de 4.5 a 6.5, con esto en mente se determinó el COA para cada diseño, teniendo en cuenta los parámetros mencionados en la norma empleada para esta investigación.

<b>CARACTERISTICAS MARSHALL</b>		
<b>GOLPES</b>	<b>50</b>	<b>Tránsito Mediano</b>
% C. A.	<b>5.80</b>	
P. UNITARIO	<b>2.339</b>	
VACIOS	<b>4.87</b>	<b>3 - 5</b>
V.M.A.	<b>16.2</b>	15.0
V. LL.C.A.	<b>70.2</b>	65-78
POLVO / ASFALTO	<b>1.01</b>	<b>0.6 - 1.3</b>
FLUJO	<b>12.3</b>	8-16
ESTABILIDAD	<b>1503.53</b>	5.44 KN.
ESTABILIDAD/FLUJO	<b>3279.2</b>	<b>1700 - 4000</b>

**Fig. 14.** Contenido óptimo de asfalto para la MAC-0%

Nota: su COA es 5.8% para muestra control.

### D) Resultados objetivo N°4:

Con la información de la tabla XI, se procedió a determinar las cantidades en “gr” para cada porcentaje de sustitución y para cada uno de los materiales ver tabla XII, XIII, y XIV.

**Tabla XII**  
Cantidades de los materiales para la MAC-20% RC

Material	CA (%)	CA (%)	CA (%)	CA (%)	CA (%)
	4.5	5	5.5	6	6.5
A. Grueso	417.14	414.96	412.78	410.59	408.41
RC	104.29	103.74	103.19	102.65	102.10
A. Fino	613.11	609.9	606.69	603.48	600.27
Asfalto	54	60	66	72	78
Filler	11.46	11.4	11.34	11.28	11.22
<b>Total</b>	1200 gr				

**Tabla XIII**  
Cantidades de los materiales para la MAC-25% RC

Material	CA (%)	CA (%)	CA (%)	CA (%)	CA (%)
	4.5	5	5.5	6	6.5
A. Grueso	391.07	389.025	386.98	384.93	382.88
RC	130.36	129.675	128.99	128.31	127.63
A. Fino	613.11	609.9	606.69	603.48	600.27
Asfalto	54	60	66	72	78
Filler	11.46	11.4	11.34	11.28	11.22
<b>Total</b>	1200 gr				

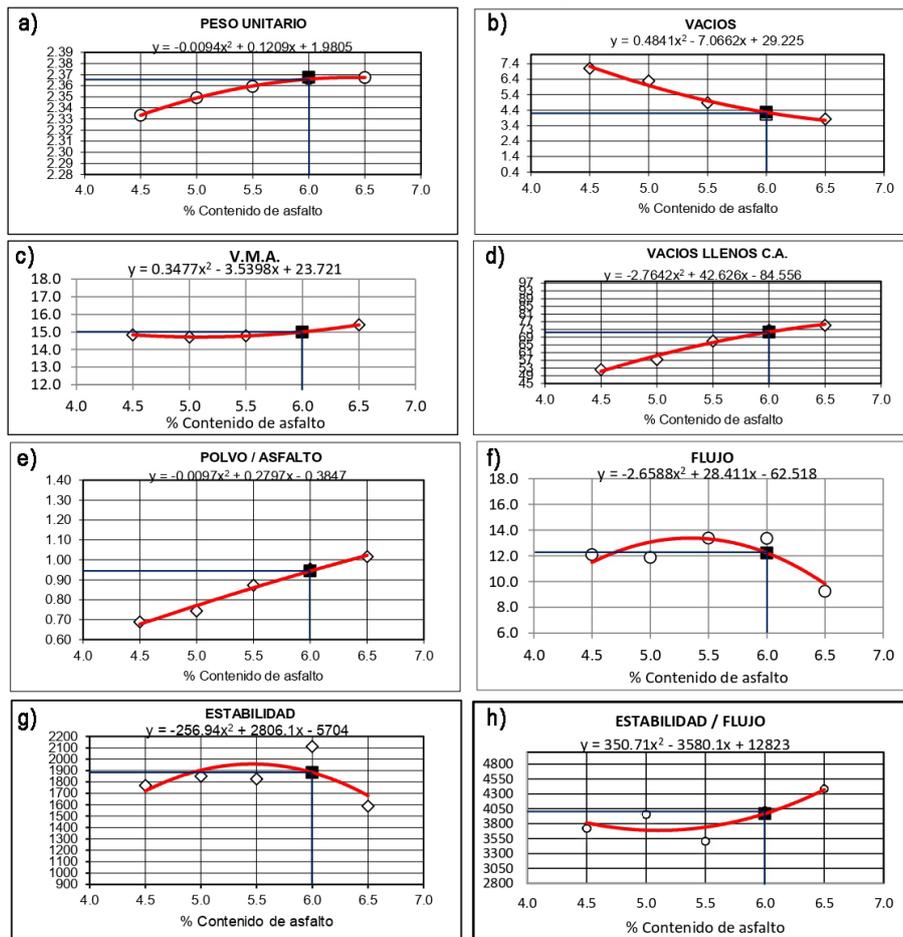
**Tabla XIV**  
Cantidades de los materiales para la MAC-30% RC

Material	CA (%)	CA (%)	CA (%)	CA (%)	CA (%)
	4.5	5	5.5	6	6.5
A. Grueso	365.00	363.09	361.18	359.27	357.36
RC	156.43	155.61	154.79	153.97	153.15
A. Fino	613.11	609.9	606.69	603.48	600.27
Asfalto	54	60	66	72	78
Filler	11.46	11.4	11.34	11.28	11.22
<b>Total</b>	1200 gr				

Nota: con los datos de la tabla XII, XIII, y XIV, se pasó a elaborar las muestras.

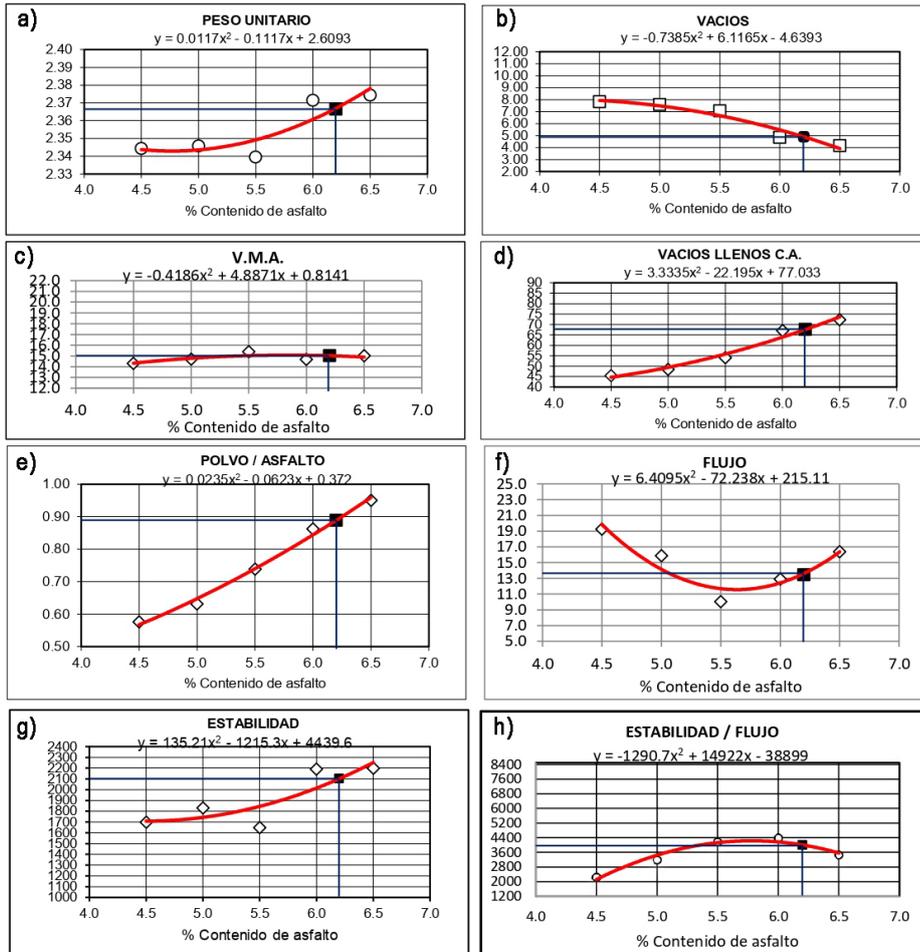
**D.1) Propiedades físicas-mecánicas de la MAC-20%, 25%, y 30% residuos de construcción.**

En la fig. 15, 16 y 17 son gráficos que se hicieron a partir de las propiedades de la MAC con sustitución del agregado grueso para el 20, 25, y 30% de residuos de construcción; en el orden que han sido mencionados.



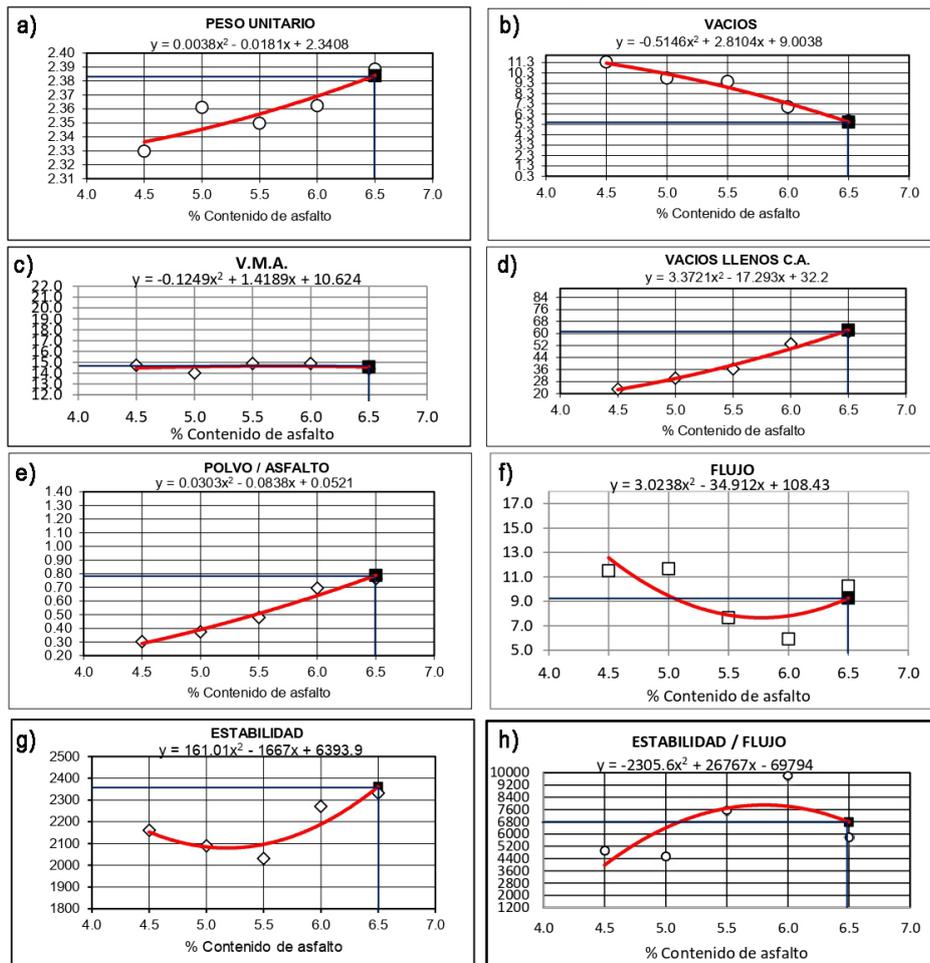
**Fig. 15.** Gráficas de los parámetros evaluados por el método Marshall en el diseño de la MAC-20%

Nota: g) de igual modo la estabilidad creció hasta llegar a 5.5% CA, y en ese instante comenzó a disminuir. Para la MAC-20% RC resultó con un COA de 6%.



**Fig. 16.** Gráficas de los parámetros evaluados por el método Marshall en el diseño de la MAC-25%

Nota: g) La estabilidad tuvo un acelerado crecimiento, al subir la cantidad de CA. Para la MAC-25% RC resultó con un COA de 6.2%.

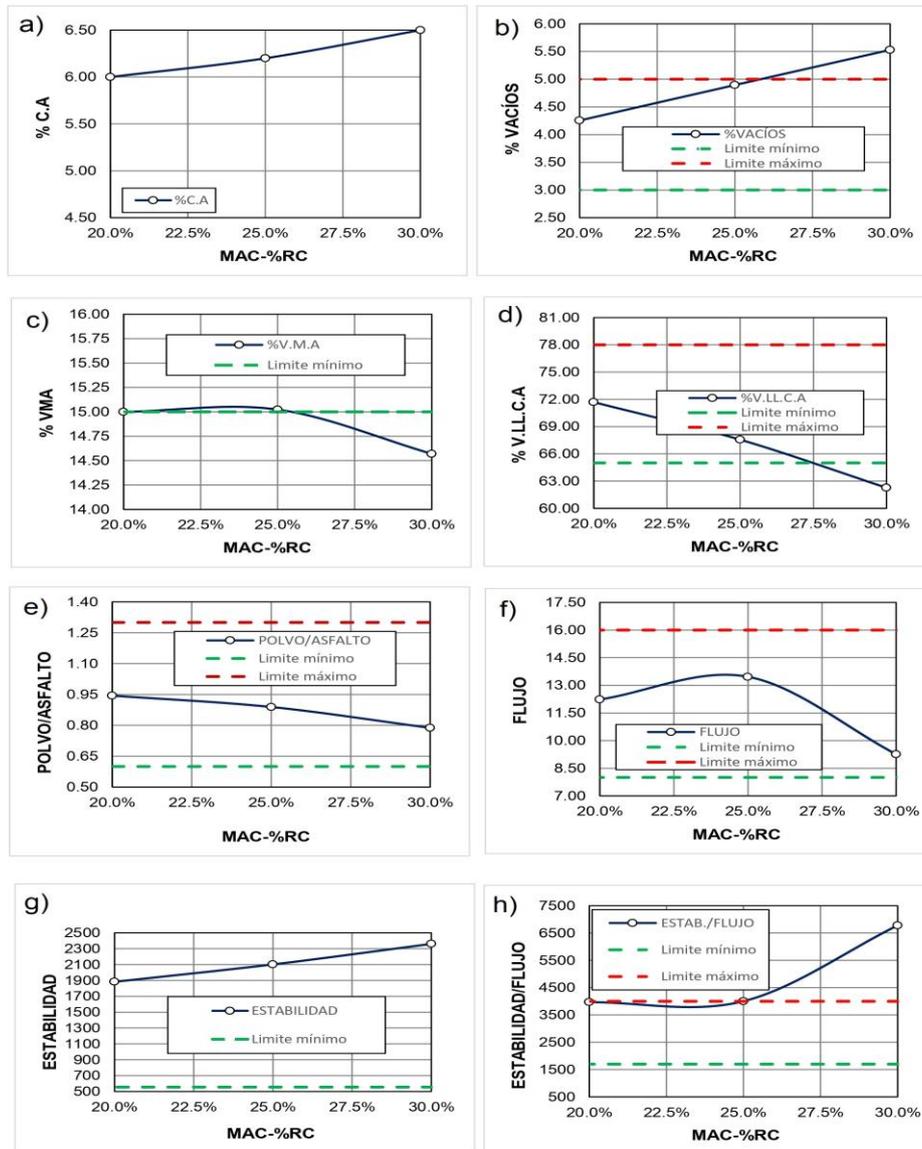


**Fig. 17.** Gráficas de los parámetros evaluados por el método Marshall en el diseño de la MAC-30%

Nota: g) el contenido de CA de 5.5% fue el punto de quiebre para que la estabilidad ascienda. Para la MAC-30% RC resultó con un COA de 6.5%.

### E) Resultados objetivo N°5:

Para determinar el % de RC recomendable en la MAC se elaboró la fig. 21, con los datos obtenidos para el COA y para cada una de las características



**Fig. 18.** Gráficas para comparar propiedades de las MAC con reemplazo

Nota: g) los números de estabilidad fueron mayores al mínimo requerido.

### **3.2. Discusión**

Luego de presentar los resultados, lo siguiente es confrontarlos con trabajos anteriores a esta investigación, con la finalidad de develar hallazgos similares o contrariedad.

#### **Discusión 1**

En relación con el primer objetivo, los áridos minerales empleados en este estudio fueron de la planta de asfalto del GRL, mientras que los agregados minerales usados por Valera [28] fueron de tres tomas, cantera ubicada en Ferreñafe, al contrastar los ensayos de control de calidad para el agregado grueso, el desgaste del material fue 15% mayor al de este estudio, mientras que la absorción fue 19% más (incrementó 19%), en cambio su % de durabilidad fue 19% superior al de esta investigación, lo que indica que su desintegración es mayor. Sin embargo, su gravedad específica y la cantidad de sales salieron valores inferiores al de este estudio. En esa misma línea para el agregado fino, su % absorción es mayor por 2.29, el % sales totales se redujo a la mitad, el índice de plasticidad (N°200) fue superior por 1.69, mientras que la equivalencia de arena decreció 88%. Tanto Valera [28], como Ding et al. [21] coincidimos en que los resultados fueron aceptados, en consecuencia, estos áridos son aptos para ser usados en MAC.

#### **Discusión 2**

Para la caracterización del material reciclado, en este estudio se empleó RC compuestos por ACR y RAP en una proporción 50/50 en peso, con el estudio de Morales et al. [18] coincidimos con la combinación ACR/RAP y su proporción. Luego se realizaron pruebas para garantizar su calidad donde la absorción de los RC fueron superiores al AGN por 3.69, en cambio Kareem et al. [24] encontró que la absorción de RC fue 14 veces al del AGN, esto se debió a que RC son más porosos que los AGN. Por otro lado, Lazo y Manrique [26] solo consideraron pruebas de abrasión y granulometría, algo parecido ocurrió con [16] quienes no tuvieron en cuenta pruebas de durabilidad, y sales solubles totales. Lo que puso en evidencia la falta de control de calidad tanto para el natural como reciclado. En cambio,

esta investigación realizó de todos modos los ensayos de control conforme lo establece [49] “MTC EG 2013” en la tabla III y IX de este documento.

### **Discusión 3**

Con la granulometría de los agregados naturales se determinó una gradación con la finalidad de realizar el diseño de la mezcla patrón, así pues la gradación que se ajustó fue la MAC-2, del mismo modo que Silva y Oliveira [15] al obtener un TMN de su árido grueso de 1/2", por otro lado se coincidió con el método de diseño empleado por Santa Cruz [27] el cual fue Marshall. Con respecto, a la dosificación Tejada [29] en su trabajo de investigación empleó, 43% de agregado grueso, 56% de fino, y 1% de filler; en cambio este estudio usó material grueso 45.5%, fino 53.5% y filler 1%; cantidades muy cercanas. A continuación, Bailón [30] determinó que la estabilidad “E”, flujo “F” y su relación de E/F los cuales salieron 9.71 KN, 9.1 (0.01”), y 2979.4 kg/cm respectivamente, para un COA de 5.8%. Al comparar los resultados de Bailón con los de este estudio, se coincidió que COA fue igual, en cambio no pasó lo mismo con la E, F, y E/F.

### **Discusión 4**

Para un diseño de MAC con 20% de residuos se obtuvo que el COA fue 6%, cuya estabilidad y relación E/F fueron mayores al 25% y 21% respectivamente, en cambio el flujo varió en decimales al de la MAC-0%. En tanto en la MAC-25% su COA salió 6.2% así como relación de E/F se acercó al rango máximo de su demanda. Mientras que la MAC-30% su COA salió 6.5%; así pues, la estabilidad volvió a incrementar mientras que el flujo bajo, lo que originó que la relación E/F se dispere siendo muy superior al rango máximo. Al respecto Villers y León [17] encontraron que la demanda de asfalto en la mezcla creció cuando la fracción de áridos RC aumentó, de forma similar sucedió en este estudio, siendo consistente con la literatura.

## Discusión 5

El porcentaje que ofreció las mejores características en la mezcla con sustitución respecto a la mezcla original así pues tenemos a Gedik [20] en su estudio halló que con un 30% de RC su COA fue 5.2% en la mezcla, cumpliendo así los requerimientos de su normativa. Mientras que Zou et al. [19] determinó que con 25% de residuos en la mezcla su COA dio 5.6%, fue superior en comparación los otros especímenes, por el contrario Tahmoorian et al. [22] con 25% de RC determinó que su COA fue 5.8%, además mejoró los parámetros volumétricos. Ahora bien, para un diseño de MAC con 20% de residuos Espino [25] obtuvo un COA 6.84%, su gravedad específica fue  $2.19 \text{ gr/cm}^3$ , 8.12 KN de estabilidad por encima de la demanda mínima. En cambio, Bastidas et al. [23] encontró que con 21% de áridos reciclados, su COA fue 5.5%, originando una estabilidad de 14.4 KN y su E/F arrojó 7.04 KN/mm (7178.80 kg/cm). En este estudio la muestra con 20% de sustitución mejoró la E, E/F, así como algunas propiedades de volumen respecto a la mezcla tradicional.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

En definitiva, tanto los áridos gruesos y finos satisfacen las condiciones establecidas por la normativa aún vigente por el "MTC EG 2013".

Se concluye que los RC presentan propiedades análogas en su mayoría al compararlos con el árido grueso. También queda en evidencia que el % absorción, caras fracturadas, y sales solubles no se permiten en la norma. En tanto esta expresa que se admiten valores superiores si no son determinantes en la propiedad de durabilidad de la mezcla.

En conclusión, para la mezcla control su COA es 5.8% de PEN 60/70, siendo su resultado de estabilidad (14.73 KN), flujo (3.07 mm) e indicador de rigidez (3279.2 kg/cm) están en el rango marcado por normativa del "MTC EG 2013".

Se concluye que el uso de material reciclado influye de manera positiva tanto en sus propiedades físicas y mecánicas solo si esta va de la mano con un control estricto o riguroso, porque en la medida que se vaya reemplazando mayor porcentaje de RC en la mezcla puede originar que la demanda de asfalto PEN 60/70 se eleve.

Por último, el mejor porcentaje para emplear en una mezcla asfáltica candente es 20%. Ya que el cemento asfáltico está mucho más cerca de la fracción usada en la mezcla control, esta mezcla en cuanto a sus propiedades físicas y/o mecánicas no tiene nada que envidiar a una MAC tradicional, y el reutilizar este material favorece al medio ambiente.

## 4.2. Recomendaciones

Se recomienda hacer una inspección de calidad a los agregados naturales, para contrastar los datos obtenidos con la normativa empleada, obteniendo una MAC con notables propiedades.

Se recomienda tratar químicamente con sulfato de magnesio o resina de silicona a los RC, y luego averiguar que sus propiedades físicas cumplan con las necesidades de cada país a través de su normativa.

Se sugiere que, durante la fabricación de la MAC, estar pendiente de la temperatura de los agregados, así como del cemento asfáltico ya que puede afectar directamente a la mezcla; en todo el proceso, se debe emplear guantes para manipular herramientas calientes y evitar quemaduras.

Se recomienda continuar investigando el material de RC, en sustitución total o parcial del agregado fino y grueso naturales, o incluso solo el agregado fino, tanto en el concreto como asfalto frío o caliente, ya que los RC están directamente involucrados con la industria de la construcción. Además, como un tema de estudio se recomienda evaluar la adherencia y compatibilidad entre el asfalto y los residuos de construcción.

Se recomienda su utilización en MAC hasta un 20% de sustitución para un tránsito medio, ya que emplear más agregado grueso reciclado la mezcla puede no satisfacer las condiciones dadas por el "MTC EG 2013".

## REFERENCIAS

- [1] F. Misopoulos, V. Manthou, Z. Michaelides y A. Adebayo, «Environmental and Social Sustainability in UK Construction Industry: a Systematic Literature Review,» *European Journal of Economics and Business Studies*, vol. 5, nº 1, pp. 100-115, 2019.
- [2] L. . M. Velez Moreno, «Construcciones sostenibles, impactos ambientales,» *Revista Nodo*, vol. 14, nº 27, pp. 86-95, 2019.
- [3] M. F. Hernández Zamora, S. Jiménez Martínez y J. I. Sánchez Monge, «Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción,» *Tecnología en Marcha*, vol. 34, nº 2, pp. 3-10, 2021.
- [4] A. Gurmu, S. Shooshtarian, M. N. Mahmood, M. R. Hosseini, A. Shreshta y I. Martek , «The state of play regarding the social sustainability of the construction industry: a systematic review,» *Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 37, pp. 595-624, 2022.
- [5] S. Tafesse, Y. E. Girma y E. Dessalegn, «Analysis of the socio-economic and environmental impacts of construction waste and management practices,» *Heliyon*, vol. 8, nº 3, p. e09169, 2022.
- [6] L. A. Mendoza Zapata, C. A. Pacheco Bustos y W. D. Certain Abraham, «Evaluación de impactos ambientales asociados a la eventual recuperación ambiental de canteras con residuos inertes de construcción y demolición en Barranquilla y su área metropolitana,» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 39, nº 2, pp. 275-295, 2021.
- [7] O. M. Quevedo Muñoz, «Diseño de planta recicladora de residuos de construcción y demolición para disminuir el impacto ambiental en la ciudad de Lambayeque,» 2018.
- [8] S. Suárez-Silgado, J. D. Andrés Molina, L. Mahecha y L. Calderón, «Diagnóstico y propuestas para la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de

- Ibagué (Colombia),» *Gestión y Ambiente*, vol. 21, nº 1, pp. 9-21, 2018.
- [9] D. A. Lozano, F. Molina Gómez, J. C. Ruge, L. Á. Moreno Anselmi y J. G. Bastidas Martínez, «Asphalts and modified dense asphalt mixtures with rubber of military boots,» *DYNA*, vol. 87, nº 212, pp. 120-128, 2020.
- [10] G. Y. Cabanillas Hualpa y N. D. Rodríguez Chalán, «Tipos de restauración para fallas en pavimentos: una revisión sistemática,» Perú, 2021.
- [11] D. Valdez Manay, «Evaluación del estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018,» Lima, 2018.
- [12] M. Campos Cruz, «Evaluación del pavimento flexible por el método del PCI, calle dorado cuadra 1- 10 del Distrito José Leonardo Ortiz – Chiclayo.,» Chiclayo, 2019.
- [13] F. Yao, G. Liu, Y. Ji, W. Tong, X. Du, K. Li, A. Shrestha y I. Martek, «Evaluating the Environmental Impact of Construction within the Industrialized Building Process: A Monetization and Building Information Modelling Approach,» *International journal of environmental Research and Public Health*, vol. 17, nº 22, p. 8396, 2020.
- [14] A. E. Castillo Rutti y A. J. Chávarri Vásquez, «Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado en Lima, 2020,» Lima, 2020.
- [15] H. Silva y J. Oliveira, «¿May recycled concrete be used as an alternative material for asphalt mixtures?,» *Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities*, pp. 1-6, 2019.
- [16] D. Acosta Alvarez, A. A. Aenlle y A. J. Tenza-Abril , «Influence of Partial Coarse Fraction Substitution of Natural Aggregate by Recycled Concrete Aggregate in Hot Asphalt Mixtures,» *Sustainability*, vol. 12, nº 1, pp. 1-16, 2019.
- [17] C. Villers y J. León, «Performance Evaluation of Construction and Demolition Debris as Substitute for Aggregate in Hot Mix Asphalt,» *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 15, nº 6, pp. 813-818, 2020.
- [18] J. Morales Fournier , D. Acosta Álvarez, A. Alonso Aenlle, A. J. Tenza-Abril y S. Ivorra, «Combining Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) and Recycled Concrete Aggregate

(RCA) from Cuba to Obtain a Coarse Aggregate Fraction,» *Sustainability*, vol. 12, nº 13, p. 5356, 2020.

[19] G. Zou, J. Zhang, X. Liu, Y. Lin y H. Yu, «Design and performance of emulsified asphalt mixtures containing construction and demolition waste,» *Construction and Building Materials*, vol. 239, pp. 1-11, 2020.

[20] A. Gedik, «A review on the evaluation of the potential utilization of construction and demolition waste in hot mix asphalt pavements,» *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 161, p. 104956, 2020.

[21] L. Ding, J. Zhang, B. Feng y C. Li, «Performance Evaluation of Recycled Asphalt Mixtures Containing Construction and Demolition Waste Applied as Pavement Base,» *Advances in Civil Engineering*, vol. 2020, pp. 1-11, 2020.

[22] F. Tahmoorian, B. Samali, J. Yeaman y M. Mirzababaei, «Evaluation of volumetric performance of asphalt mixtures containing recycled construction aggregate (RCA),» *International Journal of Pavement Engineering*, pp. 1-15, 2020.

[23] J. G. Bastidas Martínez, J. M. Sánchez Losada y H. A. Rondón Quintana, «Evaluación de una mezcla asfáltica con incorporación de agregados reciclados de concreto tratados superficialmente con una solución química de sulfato de magnesio.,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 32, nº 1, pp. 9-23, 2022.

[24] A. I. Kareem, Q. S. Banyhussan y H. M. Al-Taweel, «Measurement of aggregates breakage of asphalt mixtures with construction and demolition waste,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 61, nº 2, pp. 420-427, 2022.

[25] C. U. Espino González, W. Martínez Molina, E. M. Alonso Guzmán, H. L. Chávez García y L. A. Morales Rosales, «Elaboración de mezclas asfálticas en caliente con adición de residuos de construcción y demolición como sustitución de agregado pétreo natural.,» *Ciencia Nicolaita*, vol. 89, pp. 167-176, 2023.

[26] F. J. Lazo Gonzales y R. L. Manrique Lostaunau, «Desempeño de la mezcla asfáltica

utilizando residuos de concreto como reemplazo parcial del agregado grueso,» 2021.

- [27] P. . L. Santa Cruz Veliz, «Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020,» 2021.
- [28] F. L. Valera Nuñez, «Evaluación del efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica,» 2018.
- [29] N. . A. Tejada Brioso , «Diseño de una mezcla asfáltica ecológica usando polietileno de tereftalato (pet) reciclado y caucho molido,» 2022.
- [30] B. L. Bailon Fiorentini , «Evaluación de las propiedades mecánicas en la utilización de plásticos reciclados para la mezcla de asfalto,» 2023.
- [31] J. S. Carvajal Muñoz y C. E. Carmona García, «Gestión integral de residuos de construcción y demolición en Colombia: una aproximación basada en la metodología del marco lógico,» *Produccion + limpia*, vol. 11, nº 1, pp. 117-128, 2016.
- [32] Salgin Burcu, Arroyo Paz y Ballard Glenn, «Explorando la relación entre los métodos de diseño lean y la reducción de residuos de construcción y demolición: tres estudios de caso de proyectos hospitalarios en California,» *Revista de ingeniería de construcción*, vol. 31, nº 3, pp. 191-200, 2016.
- [33] R. Purushothaman, R. Amirthavalli y L. Karan , «Influence of treatment methods on the strength and performance characteristics of recycled aggregate concrete,» *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 27, nº 5, pp. 1-7, 2015.
- [34] S. Kofteci y M. Nazary, «Experimental study on usability of various construction wastes as fine aggregate in asphalt mixture,» *Construction and Building Materials*, vol. 185, pp. 369-379, 2018.
- [35] E. H. Sánchez Cotte, C. A. Pacheco Bustos y C. Páez, «Una visión de ciudad sostenible desde el modelo de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) caso de estudio: Barranquilla,» *Tecnura*, vol. 24, nº 63, pp. 57-72, 2020.

- [36] R. B. Carrasco Montesdeoca, «Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental,» 2018.
- [37] I. Ó. Bazán Garay, «Caracterización de Residuos de Construcción de Lima y Callao (estudio de caso),» 2018.
- [38] C. M. Muñoz Sanguinetti, C. Rivero Camacho, M. Marrero Meléndez y G. Cereceda Balic, «Urbanización de viviendas y gestión ecoeficiente de residuos de construcción en Chile: aplicación del modelo español,» *Ambiente Construido*, vol. 19, nº 3, pp. 275-294, 2019.
- [39] E. W. Bernuy Tiburcio, «Percepción del beneficio de residuos de construcción y demolición en las empresas constructoras de obras públicas en la provincia Huaura-2017,» 2019.
- [40] M. Bojórquez Chávez, «La importancia del estudio de impacto ambiental: el caso de la carretera interoceánica sur,» *Civilizate*, nº 7, pp. 1-2, 2015.
- [41] P. Mikhailenko, M. Rafiq Kakar, Z. Piao, M. Bueno y L. Poulidakos, «Incorporation of recycled concrete aggregate (RCA) fractions in semidense asphalt (SDA) pavements: Volumetrics, durability and mechanical properties,» *Construction and Building Materials*, vol. 264, p. 120166, 2020.
- [42] H. K. A. Al-Bayati, S. L. Tighe y J. Achebe, «Influence of recycled concrete aggregate on volumetric properties of hot mix asphalt,» *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 130, pp. 200-214, 2018.
- [43] D. V. Guzmán Ortiz , J. B. Hernández Zaragoza , T. López Lara , J. M. Horta Rangel y D. A. Giraldo Posada , «Uso de agregado de pavimento asfáltico reciclado para un pavimento rígido,» *Ingeniería investigación y tecnología*, vol. 22, nº 1, pp. 1-11, 2021.
- [44] E. I. Guio Vargas y H. M. Sánchez Abril, «Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos,» *Revista Colombiana de materiales*, nº 5, pp. 382-

388, 2014.

- [45] J. F. Buitrago Zarabanda y A. N. P. González Méndez, «Caracterización del RAP e identificación de su influencia en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente,» 2016.
- [46] L. Gutiérrez de López, El concreto y otros materiales para la construcción, 2 ed., Manizales: Universidad nacional de Colombia, 2003.
- [47] J. E. Marulanda Rendón, Materiales de la construcción, 2018.
- [48] G. A. Yalico Lazaro , «Influencia de la fibra de bagazo de caña en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica Chiclayo-Lambayeque,» 2022.
- [49] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras especificaciones técnicas para la construcción EG-2013, vol. 1, 2013, pp. 567-608.
- [50] A. Aguilar y R. Infanzón, «Aprovechamiento de material de pavimento asfáltico envejecido para reciclaje en caliente y reutilización en mezcla asfáltica en caliente,» 2020.
- [51] C. Kraemer , P. José María, S. Rocci, M. G. Romana, V. Sánchez Blanco y M. Á. del Val, Ingeniería de carreteras, España: Mc Graw Hill, 2004, p. 313.
- [52] Institute Asphalt, Principios de construcción de pavimentos de mezclas asfálticas en caliente, Lexington: Asphalt Institute, 2001.
- [53] D. F. Silvestre Velasquez , «Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017.,» 2017.
- [54] D. A. Pereda Rodríguez y N. O. Cubas Parimango , «Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económica con los asfaltos convencionales,» 2015.
- [55] J. M. Navarro Jiménez, «Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET,» 2017.

- [56] G. A. Navarrete Schettini, «Diseño de mezclas asfálticas integrando residuos sólidos de la industria automovilística (elastómero) y de vías (pavimento asfáltico envejecido) en Manabí, Ecuador,» *Revista de investigación UNMSM*, vol. 22, nº 1, pp. 23-38, 2019.
- [57] L. O. Calva Herrera , «Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero,» 2020.
- [58] J. . J. Pincay Bermello, A. R. Zuñiga Suarez y F. J. Córdova Rizo, Análisis comparativo entre la aplicación de Metodología RAMCODES y el método Marshall como alternativa para la obtención del contenido óptimo de asfalto para el diseño de mezclas asfálticas, 1 ed., Grupo Compás, 2018, pp. 20-22.
- [59] V. H. Cardona Moncada, T. Lopez Lara , J. M. Horta Rangel y J. B. Hernandez Zaragoza, «Estabilidad y flujo en una mezcla asfáltica con sustitución parcial en el agregado pétreo por desechos de toba volcánica.,» *Ingeniería, investigación y tecnología*, vol. 24, nº 1, 2023.
- [60] Instituto Nacional de Vías, Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2021.
- [61] S. Minaya González y A. Ordoñez Huamán, Diseño moderno de pavimentos asfálticos, 2 ed., Universidad Nacional de Ingeniería, 2006, p. 167.
- [62] SOPTRAVI, «Manual de Carreteras - Diseño de pavimentos y mantenimiento de caminos,» Honduras, 1996.
- [63] A. Arulrajah , B. Ghorbani , G. Narsilio , S. Horpibulsuk y M. Leong , «Thermal performance of geothermal pavements constructed with demolition wastes,» *Geomechanics for energy and the environment*, vol. 28, p. 100253, 2021.
- [64] M. R. Ganji, A. Golroo, . H. Sheikhzadeh, A. Ghelmani y M. Arbabpour Bidgoli, «Dense-graded asphalt pavement macrotexture measurement using tire/road noise monitoring,» *Automation in construction*, vol. 106, p. 102887, 2019.
- [65] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, vol. 1, 2016, pp. 292-392,584-594,604-614.

- [66] M. J. Sánchez, M. Fernández y J. C. Díaz, «Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo,» *Uisrael*, vol. 8, nº 1, 2021.
- [67] M. Ventura y S. C. De Oliveira , «Integridad y ética en la investigación y en la publicación científica,» *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 38, nº 1, pp. 1-5, 2022.
- [68] Universidad Señor de Sipán, «Código de etica en investigación de la Unversidad Señor de Sipán S.A.C.,» 2023.

## **ANEXOS**

ANEXO I. Matriz de consistencia .....	69
ANEXO II. Informe de laboratorio.....	70
ANEXO III. Certificados de calibración de los equipos empleados .....	107
ANEXO IV. Análisis estadístico .....	119
ANEXO V. Instrumento de validación estadística con criterio de Jueces y expertos .....	129
ANEXO VI. Carta de autorización para la recolección de la información .....	134
ANEXO VII. Panel Fotográfico .....	136
ANEXO VIII. Matriz de evaluación de impacto ambiental utilizando residuos de construcción en una mezcla asfáltica.....	144

## ANEXO I. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS Y VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema	Objetivo General	Antecedentes	Hipótesis	Método de Investigación
¿De qué manera influyen los residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso en la producción de mezclas asfálticas?	Producir mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso.	Acosta et al.[16], Villers y León[17], Morales et al.[18], Zou et al.[19], Gedik[20], Ding et al.[21], Tahmoorian et al.[22], Bastidas et al.[23], Kareem et al.[24], Espino et al.[25]	Si se sustituye parcialmente el agregado grueso por los residuos de construcción, entonces mejora significativamente en la producción de mezclas asfálticas.	Esta investigación es de tipo aplicada. Su diseño de esta fue experimental.
	<b>Objetivos Específicos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Caracterizar las propiedades físicas de los materiales naturales a usar.</li> <li>2. Efectuar la caracterización de las propiedades físicas de los residuos de construcción.</li> <li>3. Realizar el diseño de MAC patrón tradicional para un tránsito medio.</li> <li>4. Realizar el diseño de MAC adicionando los residuos de construcción con 20%, 25%, 30% como reemplazo parcial de los agregados gruesos para tránsito mediano.</li> <li>5. Determinar el porcentaje óptimo de residuos de construcción en la MAC como reemplazo parcial de los agregados gruesos.</li> </ol>	<b>Teoría relacionadas al tema</b> <p>Es la capa superficial para la superficie de la carretera, que consiste en agregados de roca mezclados con material bituminoso. El conglomerado bituminoso caliente consta de dos tipos de materiales: áridos rocosos y CA [51]. Método Marshall: Utilizando un diseño granulométrico denso con un tamaño máximo de 25 mm, se compactan muestras de asfalto y se someten a diversos ensayos [58].</p>	<b>Variables</b> <p><b>V. Independiente</b></p> <p>Residuos de construcción</p> <p><b>V. dependiente</b></p> <p>Producción de mezcla asfáltica</p>	<b>Población</b> <p>Se consideró como población a la totalidad de briquetas compuestas por MAC patrones o convencionales y otras con sustitución.</p> <p><b>Muestras</b></p> <p>Para delimitar el total de muestras se ha tomado en consideración 5 porcentajes de CA y 4 porcentajes de sustitución. Mínimo 3 briquetas por cada porcentaje de asfalto.</p> <p><b>Muestreo</b> fue probabilístico simple.</p>

## ANEXO II. Informe de laboratorio

### Granulometría del Agregado fino



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswyceirl.com

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.

**Proyecto / Obra** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

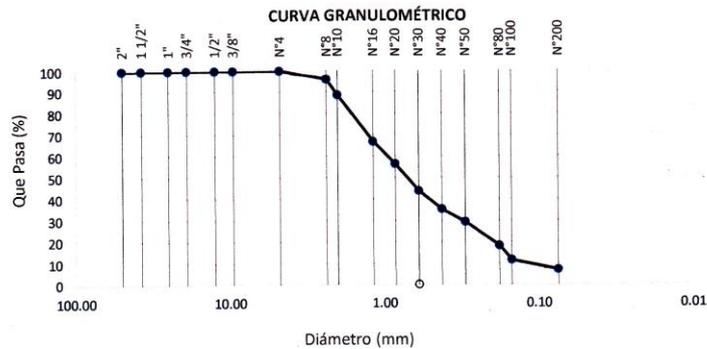
**Fecha de recepción** : 08 de setiembre del 2023.

**Ensayo** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

**Referencia** : N.T.P. 400.012

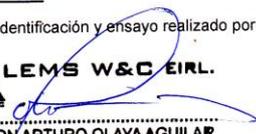
**Muestra** : Agregado Fino **Cantera** : Planta de Asfalto - Batangrande

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.360	4.2	4.2	95.8
Nº 10	2.000	7.4	11.6	88.4
Nº 16	1.180	21.6	33.2	66.8
Nº 20	0.850	10.5	43.7	56.3
Nº 30	0.600	12.5	56.3	43.7
Nº 40	0.425	8.6	64.9	35.1
Nº 50	0.300	5.8	70.7	29.3
Nº 80	0.180	11.0	81.7	18.3
Nº100	0.150	6.7	88.4	11.6
Nº200	0.075	4.6	93.0	7.0



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
**MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246904

# Ensayos de calidad del agregado fino



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

## INFORME

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 25 de octubre del 2023.  
**Ensayo** : Sales solubles totales.  
**Referencia** : MTC E 219

### Identificación:

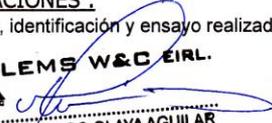
Muestra : Agregado Fino

Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

Constituyentes de sales solubles totales (ppm)	2100
Constituyentes de sales solubles totales (%)	0.21

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL.  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246994

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando  
**Proyecto** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción:** : 10 de setiembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.  
**Referencia** : NTP. 400.022  
MTC E 205

**Identificación:**

Muestra : Agregado Fino

Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

<b>1.- PESO ESPECIFICO DE MASA</b>	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.585</b>
<b>2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>	%	<b>0.48</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

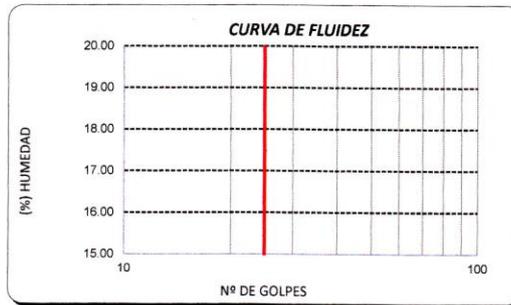
  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246994

**Solicitante:** Altamirano Tocco Luis Fernando.  
**Proyecto:** TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción:** 14 de setiembre del 2023.  
**Ensayo:** Indice de plasticidad (malla N° 40)  
**Referencia:** MTC E 111/ASTMD 423

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
N° de tarro					
N° de golpes					
Tarro + suelo húmedo					
Tarro + suelo seco					
Agua					
Peso del tarro					
Peso del suelo seco					
Porcentaje de humedad					

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plastico	0
Límite Líquido	NP		
Límite Plástico	NP		
Índice de Plasticidad	NP		



**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL.**  
  
**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


**LEMS W&C EIRL.**  
  
**MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246894

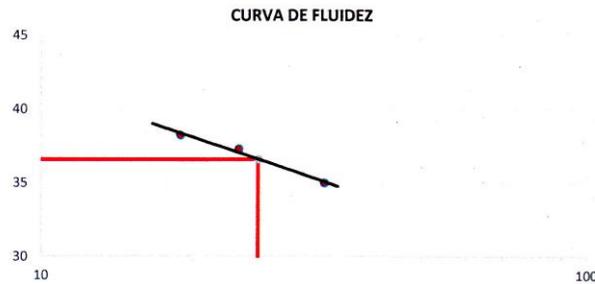
**INFORME**

**Solicitante :** Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto :** TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación :** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción :** 14 de setiembre del 2023.  
**Ensayo :** Índice de plasticidad (malla N° 200)  
**Referencia :** MTC E 111/ ASTM D 423

**Identificación:**

**Muestra :** Agregado fino **Cantera:** Planta de Asfalto - Batangrande

Ensayo	Límite Líquido			Límite Plástico	
	L1	L2	L3	P1	P2
N° Tara					
N° Golpe	18	23	33	-	-
% Humedad	40.88	32.11	27.40	32.47	28.41



Límite Líquido	32.7%
Límite Plástico	30.4%
Índice de Plasticidad	2.25%

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla N° 200.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
**MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246994

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción:** : 15 de setiembre del 2023.  
**Ensayo** : SUELOS. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.  
**Referencia** : NTP 339.146:2000 (revisada el 2014)  
MTC E 114

**Identificación:**

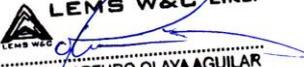
Muestra : Agregado Fino

Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

<b>EQUIVALENTE DE ARENA (%)</b>	<b>72</b>
---------------------------------	-----------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla N°4

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246984

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto:** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción:** : 7 de noviembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.  
**Referencia** : MTC E 209

**Identificación:**

Muestra : Agregado Fino

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

<b>DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO) %</b>	<b>3.4</b>
--	------------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 245864

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 17 de setiembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADO. Angularidad del agregado fino  
**Referencia** : MTC E 222

**Identificación:**

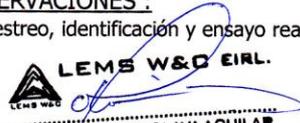
Muestra: Agregado Fino

Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

<b>Angularidad de agregado fino %</b>	<b>38.76</b>
---------------------------------------	--------------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246894

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : 07 de setiembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
**Referencia** : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013  
 MTC E 203

Muestra : Agregado fino

Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1607.23</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1594.59</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.79</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1756.71</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1742.91</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.79</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 2469R4

# Granulometría del agregado grueso



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.

**Proyecto / Obra** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFALTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha de recepción** : 08 de setiembre del 2023.

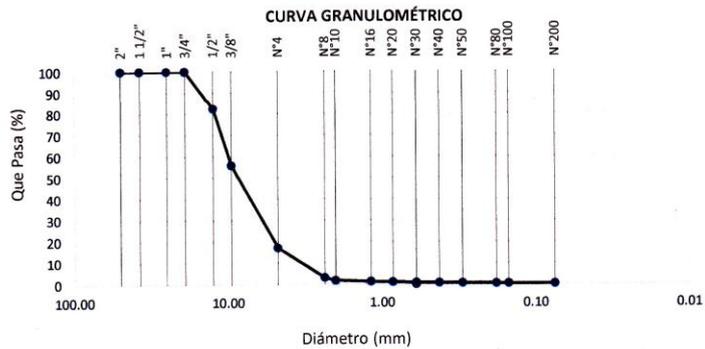
**Ensayo** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

**Referencia** : N.T.P. 400.012

**Muestra** : Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	17.6	17.6	82.4
3/8"	9.500	26.6	44.2	55.8
Nº 4	4.750	38.8	82.9	17.1
Nº 8	2.360	14.0	97.0	3.0
Nº 10	2.000	1.3	98.3	1.8
Nº 16	1.180	0.5	98.8	1.3
Nº 20	0.850	0.2	99.0	1.0
Nº 30	0.600	0.2	99.2	0.8
Nº 40	0.425	0.1	99.3	0.7
Nº 50	0.300	0.1	99.4	0.6
Nº 80	0.180	0.1	99.5	0.5
Nº100	0.150	0.1	99.5	0.5
Nº200	0.075	0.2	99.7	0.3



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246984

# Ensayo de calidad del agregado grueso



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

## INFORME

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 25 de octubre del 2023.  
**Ensayo** : Sales solubles totales.  
**Referencia** : MTC E 219

### Identificación:

Muestra : Agregado grueso      Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

Constituyentes de sales solubles totales ppm	3350
Constituyentes de sales solubles totales (%)	0.34

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL.  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246904

INFORME

Solicitante : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
Proyecto / Obra : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
Fecha de ensayo : 10 de setiembre del 2023.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Agregado grueso                      Cantera: Planta de asfalto-Batangrande

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.679
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.839

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246504



**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción:** : 07 de noviembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.  
**Referencia** : NTP 400.016 / MTC E 209

**Identificación:**

Muestra : Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

<b>DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO) %</b>	<b>6.8</b>
--	------------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246894

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obras** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 11 de setiembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo estandar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso.  
**Referencia** : MTC E 210.

**Identificación:**

Muestra : Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

<b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA</b>	<b>86.8%</b>
<b>PORCENTAJE CON 2 CARAS FRACTURADA</b>	<b>74.9%</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
**MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES**  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246804



**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 11 de setiembre del 2023.

**Ensayo** : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

**Referencia** : N.T.P. 400.040  
MTC E 223

**Identificación:**

Muestra : Agregado Grueso                      Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

<b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)</b>	<b>8.94%</b>
--	--------------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246894

# Granulometría de los residuos de construcción



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel - Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswceirl.com

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando

**Proyecto / Obra** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

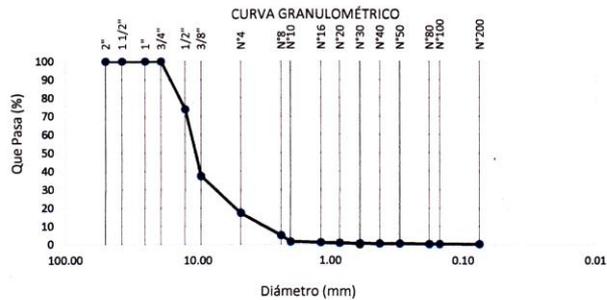
**Fecha de ensayo** : 08 de setiembre del 2023

**Ensayo** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

**Norma** : N.T.P. 400.012

**Muestra** : Residuos de construcción

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	26.2	26.2	73.8
3/8"	9.500	36.4	62.5	37.5
Nº 4	4.750	20.1	82.7	17.3
Nº 8	2.360	12.4	95.0	5.0
Nº 10	2.000	3.4	98.4	1.6
Nº 16	1.180	0.5	98.9	1.1
Nº 20	0.850	0.2	99.2	0.8
Nº 30	0.600	0.2	99.3	0.7
Nº 40	0.425	0.1	99.4	0.6
Nº 50	0.300	0.1	99.5	0.5
Nº 80	0.180	0.1	99.6	0.4
Nº100	0.150	0.1	99.6	0.4
Nº200	0.075	0.1	99.7	0.3



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL.**  
  
**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
 T.T. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

**LEMS W&C EIRL.**  
  
**MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 24664

# Ensayo de calidad de residuos de construcción



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycelr@gmail.com

## INFORME

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 25 de octubre del 2023.  
**Ensayo** : Sales solubles totales.  
**Referencia** : MTC E 219

### Identificación:

Muestra : Residuos de construcción

Constituyentes de sales solubles totales ppm	5200
Constituyentes de sales solubles totales (%)	0.52

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL.  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246894

INFORME

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** :: TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : 10 de setiembre del 2023.

**Ensayo** : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

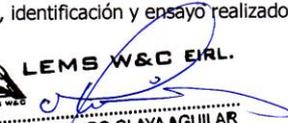
**Referencia** : N.T.P. 400.021 / MTC E 206

Muestra: Residuos de construcción

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.515
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	3.104

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246894

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO ".  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : 07 de setiembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
**Referencia** : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013  
MTC E 203

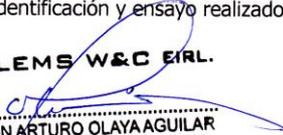
Muestra : Residuos de construcción

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1337.50</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1329.23</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.62</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1485.81</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1476.63</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.62</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
 **LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246994

**INFORME**

**Solicitante :** Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra :** TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación :** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Proyecto:** 7 de noviembre del 2023.  
**Ensayo :** AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.  
**Referencia :** NTP 400.016 / MTC E 209

**Identificación:**

Muestra : Residuos de construcción

<b>DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO) %</b>	<b>14.7</b>
--	-------------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Solución de ensayo sulfato de magnesio.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246894

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obras** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 11 setiembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo estandar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso.  
**Referencia** : MTC E 210.

**Identificación:**

Muestra : Residuos de construcción

<b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA</b>	<b>80.7%</b>
<b>PORCENTAJE CON 2 CARAS FRACTURADA</b>	<b>50.8%</b>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246984

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto:** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción:** : 20 de setiembre del 2023.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.  
**Referencia** : N.T.P. 400.019 / MTC E 207

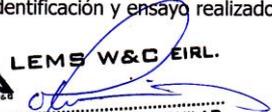
Identificación:

Muestra: : Residuos de construcción

<b>% DE DESGASTE POR ABRASIÓN</b>	<b>20.14%</b>
-----------------------------------	---------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
 **LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 2468904

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 11 de setiembre del 2023.

**Ensayo** : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

**Referencia** : N.T.P. 400.040 / MTC E 223

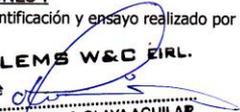
**Identificación:**

Muestra : Residuos de construcción

<b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)</b>	<b>4.21%</b>
--	--------------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
 **LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246894

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.

**Proyecto / Obra** : TESIS "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

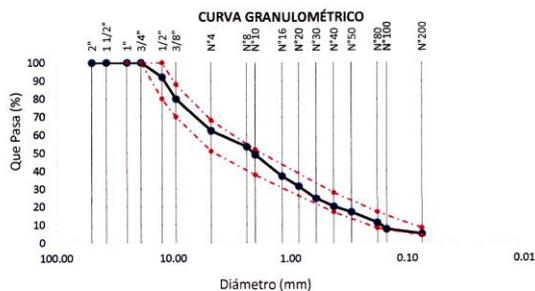
**Fecha de recepción** : 08 de setiembre del 2023.

**Ensayo** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**Referencia** : N.T.P. 400.012  
 N.T.P. 400.018

**Muestra** : Dosificación 45.5% de Agregado Fino + 53.5% de Agregado grueso + 1% de Filler Mineral

Malla		45.5	53.5	1.0	100.0	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa				
		A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	82.4	100.0	100.0	92.0	80 - 100
3/8"	9.500	55.8	100.0	100.0	79.9	70 - 88
Nº 4	4.750	17.1	100.0	100.0	62.3	51 - 68
Nº 8	2.360	3.0	95.8	100.0	53.6	
Nº 10	2.000	1.8	88.4	100.0	49.1	38 - 52
Nº 16	1.180	1.3	66.8	100.0	37.3	
Nº 20	0.850	1.0	56.3	100.0	31.6	
Nº 30	0.600	0.8	43.7	100.0	24.8	
Nº 40	0.425	0.7	35.1	100.0	20.1	17 - 28
Nº 50	0.300	0.6	29.3	100.0	17.0	
Nº 80	0.180	0.5	18.3	100.0	11.0	8 - 17
Nº100	0.150	0.5	11.6	100.0	7.4	
Nº200	0.075	0.3	7.0	100.0	4.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL.**  
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246894

**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 6 de noviembre del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica convencional.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
					1	2	3									
N°	46.50	53.50	1.00	100.00												
1	BRIQUETA															
2	% C.A. en masa de la Mezcla															
3	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla															
4	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla															
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla															
6	% Residuos de construcción															
7	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc															
8	Peso Especifico de la Grava < N°4 (Bulk) gr/cc															
9	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc															
10	Altura promedio de la briqueta cm															
11	Masa de la briqueta al aire (gr)															
12	Masa de la briqueta al agua por 60 (gr)															
13	Masa de la briqueta desplazada (gr)															
14	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (12-13)															
15	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (11/14)															
16	Peso Especifico Maximo - Rices (ASTM D 2041)															
17	% de Vació = (16-15)/(100/15) (ASTM D 3203)															
18	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)															
19	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)															
20	Atriallo Atribuido por el Agregado															
21	% de Astillo Efectivo															
22	Relacion Pórco/Astillo															
23	V.N.A.															
24	% Vacíos llenos con C.A.															
25	Flujo 0.075(0.25 mm)															
26	Estabilidad sin congegl. (Kg)															
27	Factor de estabilidad															
28	Estabilidad Correloga 26 - 27															
29	Estabilidad / Flujo															

Observaciones:  
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

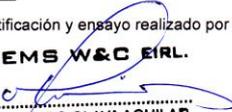
**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : 6 de noviembre del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica convencional.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	05
No Matraz	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
1.- PESO DEL FRASCO	662.0	662.0	662.0	662.0	662.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2889.0	2889.0	2889.0	2889.0	2889.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (07)	2292.7	2292.0	2288.9	2276.9	2268.6
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3783.5</b>	<b>3780.3</b>	<b>3774.6</b>	<b>3773.3</b>	<b>3765.0</b>
5.- dw (PESO UNTARIA DEL AGUA A Tx)	0.99751	0.99748	0.99748	0.99751	0.99751
6.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0578	0.0541	0.0541	0.0578	0.0578
7.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1490.8</b>	<b>1488.3</b>	<b>1485.7</b>	<b>1496.4</b>	<b>1496.4</b>
8.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	596.3	597.0	600.1	612.1	620.4
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (7) / (8) (Tx)	<b>2.500</b>	<b>2.493</b>	<b>2.476</b>	<b>2.445</b>	<b>2.412</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.502</b>	<b>2.494</b>	<b>2.477</b>	<b>2.446</b>	<b>2.413</b>
CONTENIDO % C.A	<b>4.5</b>	<b>5.0</b>	<b>5.5</b>	<b>6.0</b>	<b>6.5</b>

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

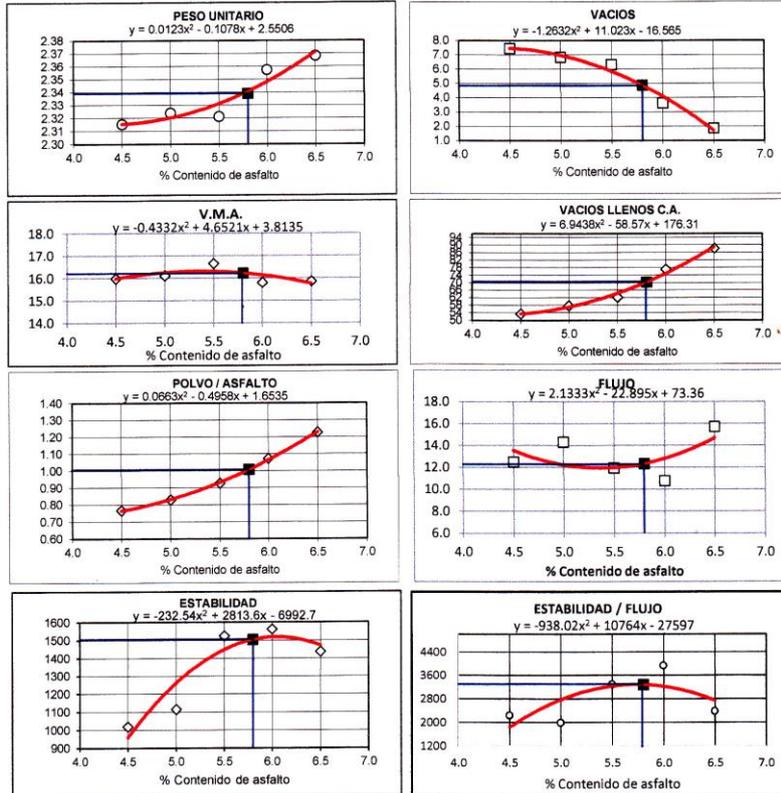
**LEMS W&C EIRL.**  
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246804

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 6 de noviembre del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica convencional.



**CARACTERISTICAS MARSHALL**

GOLPES	50	Tránsito Mediano
% C. A.	5.80	
P. UNITARIO	2.339	
VACIOS	4.87	3 - 5
V.M.A.	16.2	15.0
V. L.L.C.A.	70.2	65-78
POLVO / ASFALTO	1.01	0.8 - 1.3
FLUJO	12.3	8-16
ESTABILIDAD	1503.53	5.44 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3279.2	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

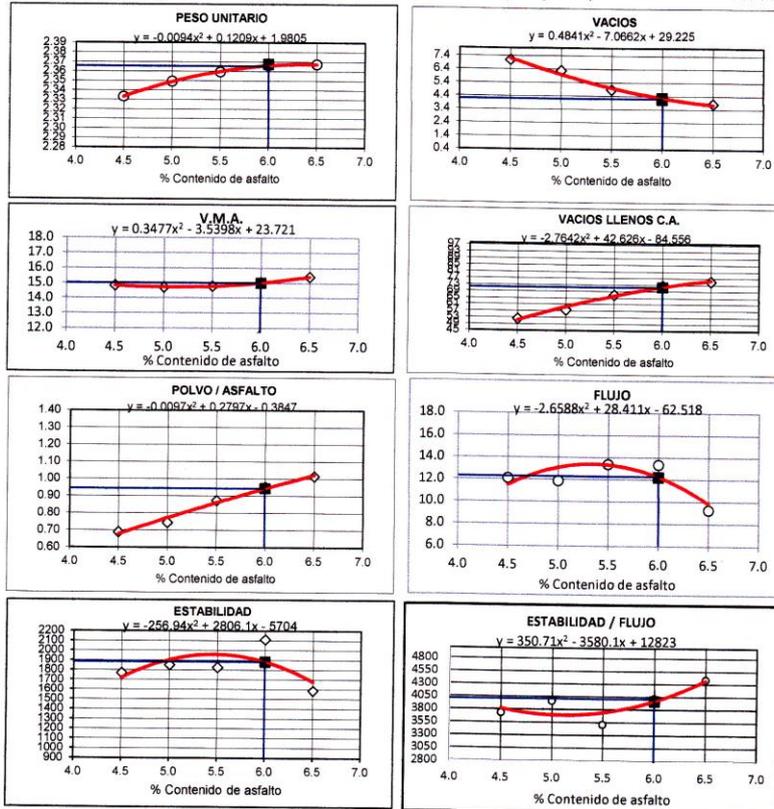
**LEMS W&C EIRL.**  
  
**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**LEMS W&C EIRL.**  
  
**MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246504



**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 6 de noviembre del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica con 20% de reemplazo del agregado grueso por residuos de construcción



**CARACTERISTICAS MARSHALL**

GOLPES	50	Tránsito medio
% C. A.	6.00	
P. UNITARIO	2.368	
VACIOS	4.26	3 - 5
V.M.A.	15.00	15.0
V. LL.C.A.	71.7	65-78
POLVO / ASFALTO	0.94	0.6 - 1.3
FLUJO	12.2	8-16
ESTABILIDAD	1882.76	5.44 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3968.0	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL.**  
  
**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**LEMS W&C EIRL.**  
  
**MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246394



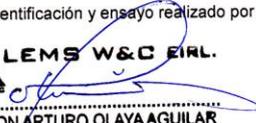
**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : 6 de noviembre del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica con 25% de reemplazo del agregado grueso por residuos de construcción.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	05
No Matraz	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
1.- PESO DEL FRASCO	662.0	662.0	662.0	662.0	662.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2889.0	2889.0	2889.0	2889.0	2889.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 07 )	2298.4	2300.8	2295.2	2287.5	2283.6
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3799.4</b>	<b>3792.8</b>	<b>3789.2</b>	<b>3785.5</b>	<b>3782.6</b>
5.- dw (PESO UNTARIA DEL AGUA A Tx)	0.99751	0.99748	0.99748	0.99751	0.99751
6.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0578	0.0541	0.0541	0.0578	0.0578
7.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1501.0</b>	<b>1492.0</b>	<b>1494.0</b>	<b>1498.0</b>	<b>1499.0</b>
8.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	590.6	588.2	593.8	601.5	605.4
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 7 ) / ( 8 ) (Tx)	<b>2.541</b>	<b>2.537</b>	<b>2.516</b>	<b>2.490</b>	<b>2.476</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.543</b>	<b>2.538</b>	<b>2.517</b>	<b>2.492</b>	<b>2.478</b>
CONTENIDO % C.A	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5

**Observaciones:**

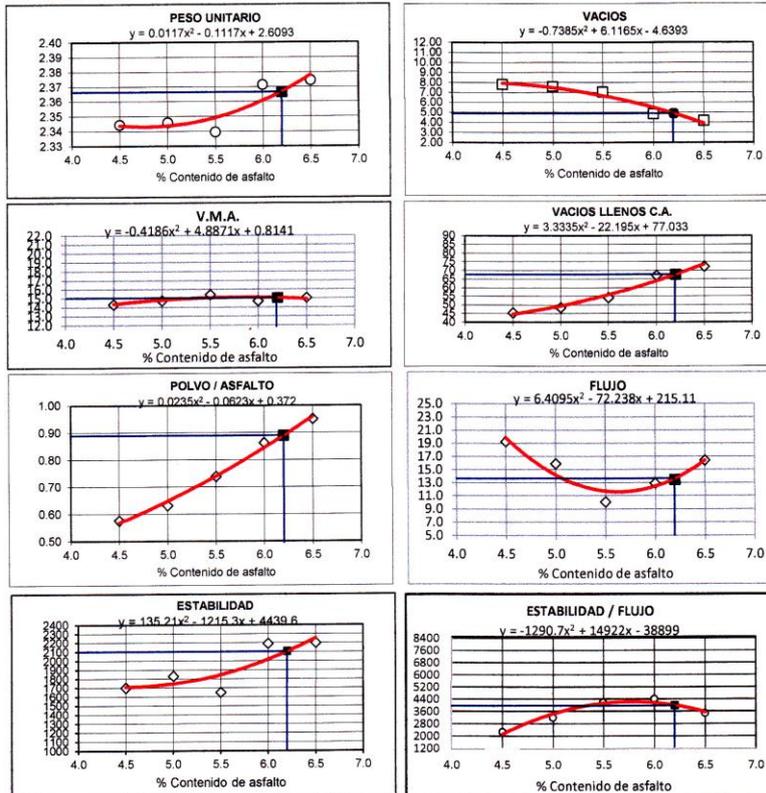
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246894

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 6 de noviembre del 2023  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica con 25% de reemplazo del agregado grueso por residuos de construcción.

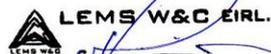


**CARACTERISTICAS MARSHALL**

GOLPES	50	Tránsito mediano
% C. A.	6.20	
P. UNITARIO	2.367	
VACIOS	4.90	3-5
V.M.A.	15.0	15.0
V. LL.C.A.	67.6	65-78
POLVO / ASFALTO	0.89	0.8-1.3
FLUJO	13.5	8-16
ESTABILIDAD	2102.21	5.44 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	4002.9	1700-4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 245804

Prdubación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel - Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: lemswyc@l@gmail.com

**LEMS W&C EIRL**  
 Certificado INDECOPRI N°100137704, RNP Servicios 50685898  
 : Altamirano Tocco Luis Fernando.

**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : 8 de noviembre del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica con 30% de reemplazo del agregado grueso por residuos de construcción.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piebra	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
					1	2	3									
%	45.50	53.50	1.00	100.00												
N°	BRICQUETA															
1	% C.A. sin masa de la Mezcla				4.50							5.5			6	6.5
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla				30.42							30.10			29.94	29.78
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla				51.09							50.56			50.29	50.02
4	% Cemento Portland en masa de la Mezcla				0.96							0.95			0.94	0.94
5	% Residuos de construcción (30%)				13.04							12.90			12.83	12.76
6	Peso Especifico Apparente del C.A. (Aparente) g/grcc				1.018							1.018			1.018	1.018
7	Peso Especifico de la Grava < N°4" (Bulk) g/grcc				2.679							2.679			2.679	2.679
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) g/grcc				2.985							2.985			2.985	2.985
9	Peso especifico de los Residuos de construcción				2.515							2.515			2.515	2.515
10	Peso especifico del Cemento Portland (Aparente) g/grcc				3.15							3.15			3.15	3.15
11	Altura promedio de la briqueta cm				6.34							6.26			6.26	6.24
12	Masa de la briqueta al aire (gr)				1191.00							1195.00			1195.00	1200.00
13	Masa de la briqueta al agua por 60" (gr)				1193.00							1195.00			1195.00	1200.00
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)				681.00							686.00			685.00	698.00
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				512							510			505	502
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.335							2.344			2.354	2.380
17	Peso especifico Maximo - Rcs (ASTM D 2941)				14.8							14.8			14.8	14.8
18	% de Vacios = (17-16)/x(100/17) (ASTM D 3203)				11.5							9.6			7.3	5.5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)				2.609							2.609			2.609	2.609
20	Peso Especifico Efectivo Agregado Total (Gse)				2.839							2.863			2.863	2.822
21	Area Superficie del Agregado				1.48							1.48			1.48	1.48
22	% de Acidos Efectivos				1.83							1.83			1.83	1.83
23	Relación Pólvora/Asfalto				0.3							0.5			0.7	0.8
24	V.M.A.				14.9							15.1			15.2	14.4
25	% Vacios llenos con C.A.				22.8							35.9			37.6	51.9
26	Flujo 0.075 (0.25 mm)				8.8							5.3			6.5	5.8
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				2077							1942			1865	2108
28	Factor de estabilidad				1.00							1.00			1.04	1.04
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				2077							1942			2194	2424
30	Estabilidad / Flujo				6030							4433			4857	5311

Observaciones:  
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL.**  
 WILSON ARTURO CLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246894

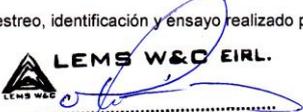
**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : 6 de noviembre del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica con 30% de reemplazo del agregado grueso por residuos de construcción.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	05
No Matraz	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
1.- PESO DEL FRASCO	662.0	662.0	662.0	662.0	662.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2889.0	2889.0	2889.0	2889.0	2889.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 07 )	2321.0	2320.0	2313.9	2298.3	2297.6
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3813.0</b>	<b>3808.3</b>	<b>3805.5</b>	<b>3797.7</b>	<b>3793.1</b>
5.- dw (PESO UNTARIA DEL AGUA A Tx)	0.99726	0.99748	0.99748	0.99751	0.99751
6.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0215	0.0541	0.0541	0.0578	0.0578
7.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1492.0</b>	<b>1488.3</b>	<b>1491.6</b>	<b>1499.4</b>	<b>1495.5</b>
8.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	568.0	569.0	575.1	590.7	591.4
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 7 ) / ( 8 ) (Tx)	<b>2.627</b>	<b>2.616</b>	<b>2.594</b>	<b>2.538</b>	<b>2.529</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.628</b>	<b>2.617</b>	<b>2.595</b>	<b>2.540</b>	<b>2.530</b>
CONTENIDO % C.A	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

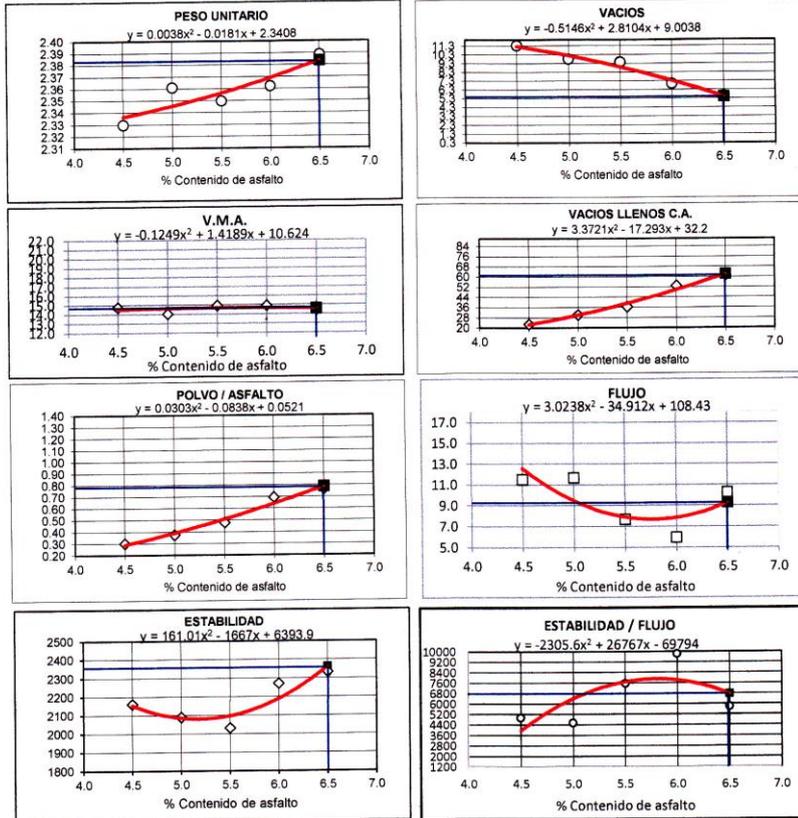
**LEMS W&C EIRL.**  
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246894

**INFORME**

**Solicitante** : Altamirano Tocto Luis Fernando.  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 6 de noviembre del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica con 30% de reemplazo del agregado grueso por residuos de construcción.



**CARACTERISTICAS MARSHALL**

GOLPES	50	Tránsito mediano
% C.A.	6.50	
P. UNITARIO	2.384	
VACIOS	5.53	3 - 5
V.M.A.	14.6	15.0
V. LL.C.A.	62.3	65-78
POLVO / ASFALTO	0.79	0.6 - 1.3
FLUJO	9.3	8-16
ESTABILIDAD	2361.07	5.44 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	6779.9	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL.**  
  
**WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**LEMS W&C EIRL.**  
  
**MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 246294

## ANEXO III. Certificados de calibración de los equipos empleados



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

---

**Área de Metrología**  
*Laboratorio de Fuerza*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LF - 056 - 2023

Página 1 de 3

---

<b>1. Expediente</b>	1912-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>	Los resultados son validos en el momento 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 reglamento vigente.
<b>3. Dirección</b>	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	PERUTEST 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.
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA MULTIUSOS</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Capacidad</b>	5000 kgf	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>Marca</b>	FORNEY	
<b>Modelo</b>	7691F	
<b>Número de Serie</b>	2491	
<b>Procedencia</b>	U.S.A.	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Indicación</b>	DIGITAL	
<b>Marca</b>	OHAUS	
<b>Modelo</b>	DEFENDER 300	
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA	
<b>Resolución</b>	0.1 kgf	
<b>Ubicación</b>	NO INDICA	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2023-03-01	

---

<b>Fecha de Emisión</b> 2023-03-02	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>  JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA	<b>Sello</b> 
---------------------------------------	--	---

---

☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 056 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de la fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

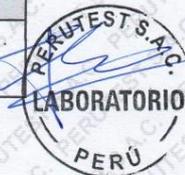
	Inicial	Final
Temperatura	27.8 °C	27.8 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-001 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE 093-23 A/C

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
📌 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 056 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500	500.6	499.3	499.3	499.7
20	1000	1002.0	1000.2	1000.6	1000.8
30	1500	1501.6	1499.9	1500.7	1500.6
40	2000	2003.1	2001.9	2004.8	2003.3
50	2500	2501.4	2499.5	2500.4	2500.5
60	3000	3001.9	2999.4	3000.4	3000.4
70	3500	3502.1	3499.7	3501.7	3500.8
80	4000	4002.3	4000.0	4001.0	4000.8
90	4500	4502.8	4500.2	4501.2	4501.1
100	5000	5003.7	5000.4	5001.4	5001.3
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $a$ (%)	
500	0.07	0.26	-0.02	0.02	0.36
1000	-0.08	0.18	-0.03	0.01	0.35
1500	-0.04	0.11	-0.03	0.01	0.34
2000	-0.17	0.14	-0.07	0.01	0.35
2500	-0.02	0.08	-0.04	0.00	0.34
3000	-0.01	0.08	-0.01	0.00	0.34
3500	-0.02	0.07	0.01	0.00	0.34
4000	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.34
4500	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.34
5000	-0.03	0.07	0.02	0.00	0.34

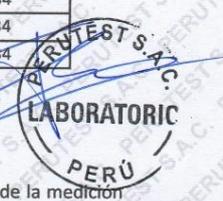
MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) 0.00 %

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC





**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0110 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	1912-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento 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 reglamento vigente.
3. Dirección	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	PERUTEST 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.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad Máxima	30000 g	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	R31P30	
Número de Serie	8336460679	
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2023-03-01	

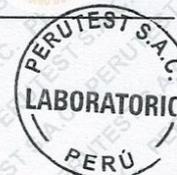
Fecha de Emisión

2023-03-02

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0110 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C
Humedad Relativa	51%	51%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	1158-MPES-C-2022
PESATEC	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	1159-MPES-C-2022
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0938-001-22
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0908-001-22
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lofe 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0110 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g		
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	15,000	600	-100	30,000	200	300
2	15,000	500	0	30,000	500	0
3	15,001	700	800	30,000	500	0
4	15,000	500	0	29,999	200	-700
5	15,000	600	-100	30,000	500	0
6	15,000	500	0	30,001	700	800
7	15,000	500	0	30,000	500	0
8	15,000	200	300	30,000	800	-300
9	14,999	300	-800	29,999	300	-800
10	15,000	500	0	30,000	500	0
	Diferencia Máxima		1,600	Diferencia Máxima		1,600
	Error Máximo Permisible		± 3,000	Error Máximo Permisible		± 3,000

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
3	4

Posición  
de las  
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	10 g	10	500	0	10,000	10,001	800	700	700
2		10	400	100		10,000	500	0	-100
3		10	500	0		10,000	400	100	100
4		10	400	100		9,999	200	-700	-800
5		10	500	0		10,000	500	0	0
		Error máximo permisible							± 3,000

\* Valor entre 0 y 10g



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0110 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	26.4 °C	26.4 °C

Carga L ( g )	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** ( ± mg )
	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	500	0	0	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,000	600	-100	-100	10,000	500	0	0	3,000
15,000	15,000	500	0	0	15,000	500	0	0	3,000
20,000	20,000	600	-100	-100	20,000	600	-100	-100	3,000
25,000	25,000	500	0	0	25,000	500	0	0	3,000
30,000	30,000	600	-100	-100	30,000	600	-100	-100	3,000

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{ ( 0.3787222 \text{ g}^2 + 0.00000000237 \text{ R}^2 )}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000032 R$$

### 12. Incertidumbre

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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	1912-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento 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 reglamento vigente.
3. Dirección	CALLE LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	PERUTEST 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.
4. Equipo	HORNO	
Alcance Máximo	300 °C	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PT-H225	
Número de Serie	0120	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2023-03-01

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología Sello

2023-03-02

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

### 6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.3 °C	26.3 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
SAT	Termometro de indicacion digital	LT-0417-2023
METROIL	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

🏠 Av. Chillón Lofe 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
📍 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

### 11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 26.3 °C  
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas  
El controlador se seteo en 110

#### PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo ( min )	Termómetro del equipo ( °C )	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom ( °C )	Tmax-Tmin ( °C )
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	105.8	107.1	105.8	109.7	112.4	109.7	112.3	111.0	109.0	109.7	109.2	6.6
02	110.0	105.8	107.1	105.8	109.7	113.0	109.7	111.9	109.7	108.6	109.7	109.1	7.2
04	110.0	105.8	106.9	105.8	109.6	112.6	109.6	112.4	111.3	108.6	109.6	109.2	6.8
06	110.0	105.5	107.0	105.5	109.7	112.6	109.7	112.5	110.5	108.6	109.7	109.1	7.1
08	110.0	105.7	107.1	105.7	109.7	112.4	109.7	112.4	111.0	109.0	109.7	109.2	6.7
10	110.0	105.6	107.0	105.7	109.6	113.0	109.6	112.3	109.7	108.6	109.6	109.1	7.4
12	110.0	105.5	107.1	105.5	109.7	112.6	109.7	112.4	111.0	108.6	109.7	109.2	7.1
14	110.0	105.5	106.9	105.5	109.7	112.6	109.7	112.7	109.7	109.0	109.7	109.1	7.2
16	110.0	106.1	107.0	106.1	109.6	112.4	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.3	6.4
18	110.0	106.3	107.1	106.3	109.7	113.0	109.7	112.6	110.5	109.0	109.7	109.4	6.7
20	110.0	106.2	107.1	106.2	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	108.6	109.7	109.3	6.4
22	110.0	106.1	107.1	106.1	109.6	112.6	109.6	112.7	110.5	108.6	109.6	109.2	6.6
24	110.0	106.2	106.9	106.2	109.7	112.6	109.7	112.6	111.0	108.6	109.7	109.3	6.4
26	110.0	106.5	107.0	106.5	109.7	112.4	109.7	112.3	109.7	108.6	109.7	109.2	5.9
28	110.0	106.3	106.9	106.3	109.6	113.0	109.6	112.6	111.3	108.6	109.6	109.4	6.7
30	110.0	106.4	107.0	106.4	109.7	112.4	109.7	112.5	110.5	109.0	109.7	109.3	6.1
32	110.0	106.4	107.1	106.4	109.7	113.0	109.7	112.7	111.0	108.6	109.7	109.4	6.6
34	110.0	106.3	107.0	106.3	109.6	112.6	109.6	112.6	109.7	109.0	109.6	109.2	6.3
36	110.0	106.2	107.1	106.2	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	108.6	109.7	109.3	6.4
38	110.0	106.3	107.1	106.3	109.7	113.0	109.7	112.4	110.5	108.6	109.7	109.3	6.7
40	110.0	106.4	106.9	106.4	109.6	112.6	109.6	112.4	111.0	109.0	109.6	109.3	6.2
42	110.0	105.9	107.0	105.9	109.7	112.4	109.7	112.8	109.7	108.6	109.7	109.1	6.9
44	110.0	106.7	107.0	106.7	109.7	113.0	109.7	112.7	111.0	108.6	109.7	109.5	6.3
46	110.0	106.7	107.1	106.7	109.6	112.6	109.6	112.7	109.7	108.6	109.6	109.3	6.0
48	110.0	106.6	107.1	106.6	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	109.0	109.7	109.5	6.0
50	110.0	106.3	106.9	106.3	109.7	112.4	109.7	112.4	110.5	108.6	109.7	109.2	6.1
52	110.0	106.4	107.0	106.4	109.6	113.0	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.4	6.6
54	110.0	106.2	107.1	106.2	109.6	112.6	109.6	112.7	111.0	108.6	109.6	109.3	6.5
56	110.0	106.4	107.1	106.4	109.7	112.6	109.7	112.6	109.7	108.6	109.7	109.2	6.2
58	110.0	106.3	106.9	106.3	109.7	113.0	109.7	112.4	111.3	109.0	109.7	109.4	6.7
60	110.0	106.1	107.0	106.1	109.6	112.6	109.6	112.4	110.5	108.6	109.6	109.2	6.7
T.PROM	110.0	106.1	107.0	106.1	109.7	112.7	109.7	112.5	110.6	108.7	109.7	109.3	
T.MAX	110.0	106.7	107.1	106.7	109.7	113.0	109.7	112.8	111.3	109.0	109.7		
T.MIN	110.0	105.5	106.9	105.5	109.6	112.4	109.6	111.9	109.7	108.6	109.6		
DTT	0.0	1.2	0.2	1.2	0.1	0.6	0.1	0.9	1.6	0.4	0.1		



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	113.0	22.0
Mínima Temperatura Medida	105.5	0.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	6.5	23.4
Estabilidad Medida ( $\pm$ )	0.8	0.04
Uniformidad Medida	7.4	23.4

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

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
📌 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

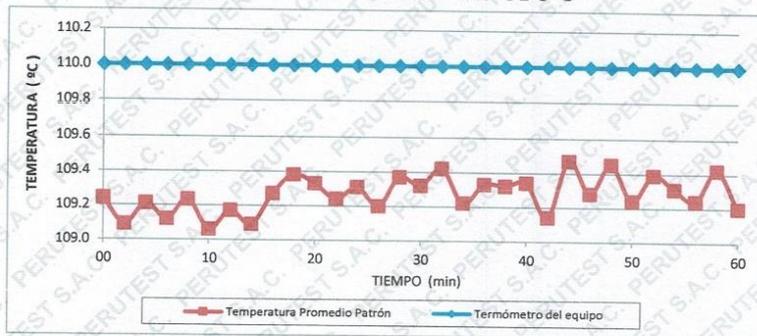
RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

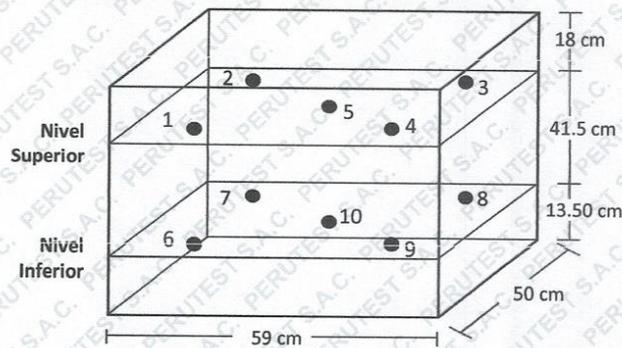
## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

Página 5 de 5

### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$



### DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9 cm de las paredes laterales y a 9 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estandar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

# ANEXO IV. Análisis estadístico

## CÁLCULO DEL ÍNDICE V DE AIKEN

Se aplica cuando la matriz de evaluación de expertos tiene ítems dicotómicos, en otras palabras dos alternativas de respuestas (sí/no).

Fórmula

$$V = \frac{S}{n(c-1)}$$

Siendo

S= la suma de Sj

Si: valor asignado por el juez

n= número de jueces

c= número de valores en escala de valoración

CLARIDAD									
Juez	Flujo	Estabilidad	Estabilidad/flujo	Peso unitario	% Vacíos	% VMA	% V.L.L.C.A	Polo/fracaso	
Experto 1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Experto 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S	5	5	5	5	5	5	5	5	4
n	5								
c	2								
V de Aiken	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8
	0.975								

CONTEXTO									
Juez	Flujo	Estabilidad	Estabilidad/flujo	Peso unitario	% Vacíos	% VMA	% V.L.L.C.A	Polo/fracaso	
Experto 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 3	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Experto 4	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Experto 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S	5	5	5	4	4	5	5	5	5
n	5								
c	2								
V de Aiken	1	1	1	0.8	0.8	1	1	1	1
	0.95								

CONGRUENCIA									
	Flujo	Estabilidad	Estabilidad/flujo	Peso unitario	% Vacíos	% VMA	% V.L.L.C.A	Poko/asfalto	Poko/asfalto
Juez	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 5	1	1	1	0	1	1	1	1	1
S	5	5	5	4	5	5	5	5	5
n				5					
c				2					
V de Aiken	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1
				0.975					

DOMINIO DEL CONSTRUCTO									
	Flujo	Estabilidad	Estabilidad/flujo	Peso unitario	% Vacíos	% VMA	% V.L.L.C.A	Poko/asfalto	Poko/asfalto
Juez	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Experto 4	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Experto 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S	5	5	5	5	4	4	5	5	5
n				5					
c				2					
V de Aiken	1	1	1	1	0.8	0.8	1	1	1
				0.95					

Cuadro resumen de las 4 dimensiones, por el método de V Aiken.

Dimensiones	V Aiken
claridad	0.975
contexto	0.95
congruencia	0.975
dominio del constructo	0.95

INTERPRETACION: De la tabla anterior se puede señalar que los V Aiken para las cuatro dimensiones arrojaron resultados mayores a 0.80, por lo cual nuestros instrumentos son confiables para ser utilizado en las tomas de datos en el laboratorio.

Cuadro promedio final de las 4 dimensiones por el método Aiken

Validez de Aiken por jueces expertos	0.9625
--------------------------------------	--------

INTERPRETACION: el resultado final promedio de las dimensiones según AIKEN, arroja un valor mayor a 0.80 lo cual confirma que nuestros instrumentos son confiables para ser utilizados en el laboratorio.

  
 ING. LUIS ALBERTO SANCHEZ ALVARADO  
 COESPPE N° 576  
 COLEGIO DE ESTADISTICOS DEL PERU

**PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO**

**FLUJO**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.956	4

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
<b>MAC-PATRON (0%)</b>	39.251	8.566	0.808	0.967
<b>MAC-20%</b>	37.905	7.708	0.821	0.965
<b>MAC-25%</b>	37.857	7.022	0.967	0.919
<b>MAC-30%</b>	37.659	7.157	0.993	0.912

**ANOVA**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
<b>Inter sujetos</b>	13.340	4	3.335		
<b>Intra sujetos</b>					
<b>Entre elementos</b>	7.995	3	2.665	18.259	0.000
<b>Residuo</b>	1.752	12	0.146		
<b>Total</b>	9.747	15	0.650		
<b>Total</b>	23.087	19	1.215		

Media global = 12.722

En la tabla se muestra la prueba de confiabilidad " Alfa de Cronbach", podemos observar que el valor obtenido es 0.956 lo que nos permite inferir que los datos son confiables, asimismo en la tabla donde se muestra el análisis de varianza (ANOVA) el P-Valor es (0.000) <0.05, por lo que se rechaza la H0 y se concluye los porcentajes de los tratamientos, en otras palabras, las adiciones de residuos de construcción en reemplazo del agregado grueso afectaron en la producción de mezclas asfálticas.

15  
ING. LUIS ALBERTO SANCHEZ ALVARADO  
COESPE Nº 576  
COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

**ESTABILIDAD**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.944	4

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
<b>MAC-PATRON (0%)</b>	6028.462	245542.836	0.852	0.981
<b>MAC-20%</b>	5505.178	353142.381	0.955	0.912
<b>MAC-25%</b>	5411.238	331422.626	0.906	0.915
<b>MAC-30%</b>	5255.227	361594.273	0.976	0.913

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
<b>Inter sujetos</b>		563522.852	4	140880.713		
<b>Intra sujetos</b>	<b>Entre elementos</b>	1685407.046	3	561802.349	70.888	0.000
	<b>Residuo</b>	95102.798	12	7925.233		
	<b>Total</b>	1780509.844	15	118700.656		
<b>Total</b>		2344032.696	19	123370.142		

Media global = 1850.008

En la tabla se muestra la prueba de confiabilidad " Alfa de Cronbach", podemos observar que el valor obtenido es 0.944 lo que nos permite inferir que los datos son confiables, asimismo en la tabla donde se muestra el análisis de varianza (ANOVA) el P-Valor es (0.000) <0.05, por lo que se rechaza la H0 y se concluye los porcentajes de los tratamientos, en otras palabras, las adiciones de residuos de construcción en reemplazo del agregado grueso afectaron en la producción de mezclas asfálticas.

*LS*  
ING. LUIS ALBERTO SANCHEZ ALVARADO  
COESPE N° 576  
COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

**ESTABILIDAD/FLUJO**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.965	4

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
<b>MAC-PATRON (0%)</b>	12669.647	6241301.705	0.941	0.959
<b>MAC-20%</b>	11653.643	5768557.522	0.995	0.938
<b>MAC-25%</b>	11346.168	5864377.669	0.939	0.952
<b>MAC-30%</b>	9844.064	3964299.592	0.978	0.975

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
<b>Inter sujetos</b>		9595254.887	4	2398813.722		
<b>Intra sujetos</b>	<b>Entre elementos</b>	20491523.49	3	6830507.828	82.225	0.000
	<b>Residuo</b>	996851.970	12	83070.997		
	<b>Total</b>	21488375.45	15	1432558.364		
<b>Total</b>		31083630.34	19	1635980.544		

Media global = 3792.79

En la tabla se muestra la prueba de confiabilidad " Alfa de Cronbach", podemos observar que el valor obtenido es 0.965 lo que nos permite inferir que los datos son confiables, asimismo en la tabla donde se muestra el análisis de varianza (ANOVA) el P-Valor es (0.000) <0.05, por lo que se rechaza la H0 y se concluye los porcentajes de los tratamientos, en otras palabras, las adiciones de residuos de construcción en reemplazo del agregado grueso afectaron en la producción de mezclas asfálticas.

*LS*  
ING. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ ALVARADO  
COESPE Nº 576  
COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

**PESO UNITARIO**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.936	4

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
<b>MAC-PATRON (0%)</b>	7,067.80	2236.700	0.961	0.888
<b>MAC-20%</b>	7,050.00	3420.500	0.814	0.939
<b>MAC-25%</b>	7,050.00	3098.500	0.878	0.914
<b>MAC-30%</b>	7,046.60	2661.300	0.858	0.916

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
<b>Inter sujetos</b>		4968.700	4	1242.175		
<b>Intra sujetos</b>	<b>Entre elementos</b>	1382.800	3	460.933	5.824	0.011
	<b>Residuo</b>	949.700	12	79.142		
	<b>Total</b>	2332.500	15	155.500		
<b>Total</b>		7301.200	19	384.274		

Media global = 2.351

En la tabla se muestra la prueba de confiabilidad " Alfa de Cronbach", podemos observar que el valor obtenido es 0.936 lo que nos permite inferir que los datos son confiables, asimismo en la tabla donde se muestra el análisis de varianza (ANOVA) el P-Valor es (0.011) <0.05, por lo que se rechaza la H0 y se concluye los porcentajes de los tratamientos, en otras palabras, las adiciones de residuos de construcción en reemplazo del agregado grueso afectaron en la producción de mezclas asfálticas.

*LS*  
 ING. LUIS ALBERTO SANCHEZ ALVARADO  
 COESPE N° 576  
 COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

**% VACIOS**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.973	4

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
<b>MAC-PATRON (0%)</b>	20,173.00	27886361.500	0.983	0.958
<b>MAC-20%</b>	20,143.40	39881868.800	0.914	0.984
<b>MAC-25%</b>	19,097.40	35658792.300	0.984	0.957
<b>MAC-30%</b>	16,753.20	28519017.200	0.989	0.952

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
<b>Inter sujetos</b>		58122114.500	4	14530528.625		
<b>Intra sujetos</b>	<b>Entre elementos</b>	38669586.550	3	12889862.183	33.015	0.000
	<b>Residuo</b>	4685128.700	12	390427.392		
	<b>Total</b>	43354715.250	15	2890314.350		
<b>Total</b>		101476829.750	19	5340885.776		

Media global = 6.347

En la tabla se muestra la prueba de confiabilidad " Alfa de Cronbach", podemos observar que el valor obtenido es 0.973 lo que nos permite inferir que los datos son confiables, asimismo en la tabla donde se muestra el análisis de varianza (ANOVA) el P-Valor es (0.000) <0.05, por lo que se rechaza la H0 y se concluye los porcentajes de los tratamientos, en otras palabras, las adiciones de residuos de construcción en reemplazo del agregado grueso afectaron en la producción de mezclas asfálticas.

  
 ING. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ ALVARADO  
 COESPE N° 576  
 COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

**% VMA**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.926	4

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MAC-PATRON (0%)	44,011.80	983221.700	0.934	0.865
MAC-20%	45,546.80	1332555.700	0.759	0.934
MAC-25%	45,970.20	1151469.700	0.883	0.890
MAC-30%	45,946.60	907712.300	0.841	0.918

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos		1897404.200	4	474351.050		
Intra sujetos	Entre elementos	12843338.950	3	4281112.983	121.393	0.000
	Residuo	423199.800	12	35266.650		
	Total	13266538.750	15	884435.917		
Total		15163942.950	19	798102.261		

Media global = 15.122

En la tabla se muestra la prueba de confiabilidad " Alfa de Cronbach", podemos observar que el valor obtenido es 0.926 lo que nos permite inferir que los datos son confiables, asimismo en la tabla donde se muestra el análisis de varianza (ANOVA) el P-Valor es (0.000) <0.05, por lo que se rechaza la H0 y se concluye los porcentajes de los tratamientos, en otras palabras, las adiciones de residuos de construcción en reemplazo del agregado grueso afectaron en la producción de mezclas asfálticas.

  
 ING. LUIS ALBERTO SANCHEZ ALVARADO  
 COESPE N° 576  
 COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

% V.L.L.C.A

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.982	4

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
<b>MAC-PATRON (0%)</b>	163,134.00	1376520538.500	0.982	0.970
<b>MAC-20%</b>	165,942.80	1768225364.200	0.946	0.990
<b>MAC-25%</b>	173,366.60	1580894881.300	0.996	0.968
<b>MAC-30%</b>	190,049.60	1266568984.300	0.998	0.972

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
<b>Inter sujetos</b>		2647282776.000	4	661820694.000		
<b>Intra sujetos</b>	<b>Entre elementos</b>	2189522606.550	3	729840868.850	61.120	0.000
	<b>Residuo</b>	143294089.200	12	11941174.100		
	<b>Total</b>	2332816695.750	15	155521113.050		
<b>Total</b>		4980099471.750	19	262110498.513		

Media global = 57.707

En la tabla se muestra la prueba de confiabilidad " Alfa de Cronbach ", podemos observar que el valor obtenido es 0.982 lo que nos permite inferir que los datos son confiables, asimismo en la tabla donde se muestra el análisis de varianza (ANOVA) el P-Valor es (0.000) <0.05, por lo que se rechaza la H0 y se concluye los porcentajes de los tratamientos, en otras palabras, las adiciones de residuos de construcción en reemplazo del agregado grueso afectaron en la producción de mezclas asfálticas.

  
 ING. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ ALVARADO  
 COESPE N° 576  
 COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

**POLVO/ASFALTO**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.990	4

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
<b>MAC-PATRON (0%)</b>	2.129	0.243	0.988	0.983
<b>MAC-20%</b>	2.238	0.294	0.984	0.992
<b>MAC-25%</b>	2.342	0.273	1.000	0.982
<b>MAC-30%</b>	2.571	0.229	0.992	0.987

**ANOVA**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
<b>Inter sujetos</b>	0.460	4	0.115		
<b>Intra sujetos</b>					
<b>Entre elementos</b>	0.532	3	0.177	147.213	0.000
<b>Residuo</b>	0.014	12	0.001		
<b>Total</b>	0.546	15	0.036		
<b>Total</b>	1.006	19	0.053		

Media global = 0.773

En la tabla se muestra la prueba de confiabilidad "Alfa de Cronbach", podemos observar que el valor obtenido es 0.99 lo que nos permite inferir que los datos son confiables, asimismo en la tabla donde se muestra el análisis de varianza (ANOVA) el P Valor es (0.000) <0.05, por lo que se rechaza la H0 y se concluye los porcentajes de los tratamientos, en otras palabras, las adiciones de residuos de construcción en reemplazo del agregado grueso afectaron en la producción de mezclas asfálticas.

*LS*  
ING. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ ALVARADO  
COESPE N° 576  
COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

## ANEXO V. Instrumento de validación estadística con criterio de Jueces y expertos



Colegiatura N°237217

### Ficha de validación según AIKEN

#### I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Chura Bustamante Juan Daniel	Gerente de la empresa Oex's construcción y consultoría SRL.	Método Marshall	Altamirano Tocto Luis Fernando.
<b>Título de la Investigación:</b> Producción de mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso.			

#### II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien
4	A	Todo bien
5	A	Todo bien
6	A	Todo bien
7	A	Todo bien
8	A	Todo bien

#### III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Transito mediano tipo B</b>								
1	Flujo	X		X		X		X	
2	Estabilidad	X		X		X		X	
3	Estabilidad/flujo	X		X		X		X	
4	Peso unitario	X		X		X		X	
5	% Vacíos	X		X		X		X	
6	% VMA	X		X		X		X	
7	% V.L.L.C.A	X		X		X		X	
8	Polvo/asfalto		X	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Chura Bustamante Juan Daniel

Especialidad: Ingeniero Civil.

  
**JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 237217

**Colegiatura N° 233340**

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Delgado Bayona José Roberto	Supervisor de Mantenimiento Vial, en Odebrech Perú Operaciones y Servicios SAC.	Método Marshall	Altamirano Tocto Luis Fernando.
<b>Título de la Investigación:</b> Producción de mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso.			

**II. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien
4	A	Todo bien
5	A	Todo bien
6	A	Todo bien
7	A	Todo bien
8	A	Todo bien

**III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Transito mediano tipo B</b>								
1	Flujo	X		X		X		X	
2	Estabilidad	X		X		X		X	
3	Estabilidad/flujo	X		X		X		X	
4	Peso unitario	X		X		X		X	
5	% Vacíos	X		X		X		X	
6	% VMA	X		X		X		X	
7	% V.L.L.C.A	X		X		X		X	
8	Polvo/asfalto	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Delgado Bayona José Roberto

Especialidad: Ingeniero Civil.



Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Apolinario Cisneros Javier	Sub-gerente de obras públicas de la MPU.	Método Marshall	Altamirano Tocto Luis Fernando.
<b>Título de la Investigación:</b> Producción de mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien
4	A	Todo bien
5	A	Todo bien
6	A	Todo bien
7	A	Todo bien
8	A	Todo bien

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Transito mediano tipo B</b>								
1	Flujo	X		X		X		X	
2	Estabilidad	X		X		X		X	
3	Estabilidad/flujo	X		X		X		X	
4	Peso unitario	X			X	X		X	
5	% Vacíos	X		X		X		X	
6	% VMA	X		X		X		X	
7	% V.LL.C.A	X		X		X		X	
8	Polvo/asfalto	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Apolinario Cisneros Javier

Especialidad: Ingeniero Civil.



Colegiatura N° 84971

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
CHUMIOQUE AMPUERO CARLOS MARIANO	RESPONSABLE DE OBRA DE OBRAS COMPLETAS S.P.O. S.P.A.	Método Marshall	Altamirano Tocto Luis Fernando.
Título de la Investigación: Producción de mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	x	Todo bien
2	x	Todo bien
3	x	Todo bien
4	x	Todo bien
5	x	Todo bien
6	x	Todo bien
7	x	Todo bien
8	x	Todo bien

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

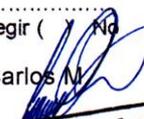
	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Transito mediano tipo B								
1	Flujo	x		x		x		x	
2	Estabilidad	x		x		x		x	
3	Estabilidad/flujo	x		x		x		x	
4	Peso unitario	x		x		x		x	
5	% Vacíos	x			x	x		x	
6	% VMA	x		x		x			x
7	% V.L.L.C.A	x		x		x		x	
8	Polvo/asfalto	x		x		x		x	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Chumioque Ampuero Carlos M.

Especialidad: Ingeniero Civil.

  
Carlos M. Chumioque Ampuero  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 84971

Colegiatura N° 230121

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
SANCHEZ VIDAUURRE JUAN CANCIO	SUB GERENTE DE ESTUDIOS Y PROYECTOS - MPU	Método Marshall	Altamirano Tocto Luis Fernando.
Título de la Investigación: Producción de mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACION Y OPINIÓN
1	X	Todo bien
2	X	Todo bien
3	X	Todo bien
4	X	Todo bien
5	X	Todo bien
6	X	Todo bien
7	X	Todo bien
8	X	Todo bien

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

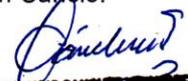
	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Transito mediano tipo B								
1	Flujo	X		X		X		X	
2	Estabilidad	X		X		X		X	
3	Estabilidad/flujo	X		X		X		X	
4	Peso unitario	X		X			X	X	
5	% Vacíos	X		X		X			X
6	% VMA	X		X		X		X	
7	% V.L.L.C.A	X		X		X		X	
8	Polvo/asfalto	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Sanchez Vidaurre Juan Cancio.

Especialidad: Ingeniero Civil.



JUAN CANCIO SANCHEZ VIDAUURRE  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIV. 230121

## ANEXO VI. Carta de autorización para la recolección de la información



### MODELO DE CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Ciudad, 28 de noviembre de 2023

Quien suscribe:

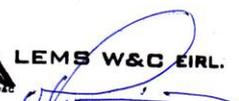
**Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar.**

Representante Legal – Empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
Y SUELOS W & C E.I.R.L – LEMS W & C E.I.R.L.

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado “Producción de mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso”.

Por el presente, el que suscribe, **Wilson Arturo Olaya Aguilar** representante legal de la empresa **LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L – LEMS W & C E.I.R.L.** AUTORIZO al Bach. Luis Fernando Altamirano Tocto identificado con DNI N°70929861, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y autor del trabajo de investigación denominado “**Producción de mezclas asfálticas adicionando residuos de construcción como sustituto parcial del agregado grueso**” para el uso del laboratorio técnico y formatos de procesamientos de datos y cálculo para la obtención de resultados de control de calidad para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.



**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
GERENTE GENERAL



## Registro de la Propiedad Industrial

### Dirección de Signos Distintivos

#### CERTIFICADO N° 00137704

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 008139-2022/DSD - INDECOPI de fecha 25 de marzo de 2022, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación LEMS W&C y logotipo, conforme al modelo

Distingue : Servicios de estudio de mecánica de suelos, estudio de evaluación de estructuras, ensayos y control de calidad del concreto, mezclas asfáltica, emulsiones asfálticas, suelos y materiales.

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0935718-2022

Titular : LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

País : Perú

Vigencia : 25 de marzo de 2032



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: wtenwa22bp

Pág. 1 de 1

## ANEXO VII. Panel Fotográfico

### 1. Trituración de los residuos de construcción



### 2. Ensayo de granulometría de los agregados naturales y de los residuos de construcción.



3. Ensayo del peso específico y absorción del agregado fino.



4. Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso.



5. Ensayo de Índice de plasticidad malla n° 200.



6. Ensayo de caras fracturadas del agregado grueso.



7. Ensayo de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.



8. Ensayo de equivalente de arena del agregado fino.



9. Ensayo de abrasión en la máquina de los ángeles.



10. Elaboración de briquetas



## 11. Peso específico Bulk de las briquetas



## 12. Ensayo Marshall.



13. Peso específico teórico máximo de mezclas sin compactar.



14. Ensayo para determinar el contenido de sales solubles totales.



15. Ensayo para determinar la Durabilidad del agregado grueso



## ANEXO VIII. Matriz de evaluación de impacto ambiental utilizando residuos de construcción en una mezcla asfáltica.

			 TIPO DE IMPACTO: IMPACTO BENEFICIOSO (+) PERJUICIAL (-) IMPORTANCIA: Correspondiente a la intensidad o grado de incidencia del impacto MAGNITUD: Correspondiente a la extensión (E) del impacto dentro del área de influencia		Trabajos preliminares			Preparación del terreno		Uso de Residuos de Construcción					Producción de mezclas asfálticas con residuos de construcción					Ejecución					Obras de arte		Área de máquinas y mantenimiento		Desmantelamiento y rehabilitación		IMPACTO TOTAL							
					Movilización de equipos	Desmovilización de equipos	Accesos provisionales	Nivelación y compactación	Excavación y relleno	Reciclado y transporte de residuos	Clasificación y separación de residuos	Trituración y reducción del tamaño	Limpieza y descontaminación	Almacenamiento temporal	Mezcla de residuos con materiales asfálticos	Fabricación de briquetas	Ensayo Rce	Ensayo con máquina Marshall	Limpieza y descontaminación de la zona de ensayo	Colocación de material granular para la subbase	Compactación de la subbase	Aplicación de capas de base	Extendido y compactación de la mezcla asfáltica	Corte y sellado de juntas	Cunetas	Muros de contención	Mantenimiento de maquinaria y equipos	Área de almacenamiento temporal de residuos	Desmontaje de equipos y maquinaria	Limpieza de áreas intervenidas	MAGNITUD +/-	IMPORTANCIA +/-	PROMEDIO					
FACTORES AMBIENTALES	CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICO	TERRA	1. Suelos	-1	1	-1	1	7	6	-7	6	-4	4	-4	4	-7	4	-4	4	-4	4	-7	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	1	1	-106	-	-361		
		2. Geomorfología	-1	1	-1	1	-2	2	7	6	-7	6	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	7	6	-7	6	-7	6	-7	6	-7	6	-7	6	1	1	10	-	113	
		AIRE	3. Calidad (polvo)	-1	1	-1	1	-7	6	-7	6	5	6	-7	6	-7	6	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-68	-	-242
			4. Calidad (gases, humo)	-1	1	-1	1	7	6	-7	6	-4	4	-4	4	-7	6	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-1	1	-4	4	-4	4	-4	4	-63	-	-183
		PROCESOS	5. Ruido	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-50	-	-161
			6. Erosión	-1	1	-1	1	-4	4	-4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-4	-	-28
	CONDICIONES BIOLÓGICAS	FLORA	7. Compactación	-1	1	-1	1	8	3	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	60	-	180	
			8. Estabilidad	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-13	-	-13
		FAUNA	14. Arbustos	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-3	-	-3
			16. Cultivos	-1	1	-1	1	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4	4	-16	-	-64
			19. Animales terrestres	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-16	-	-17
			21. Insectos	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-17	-	-17
FACTORES CULTURALES	ESTÉTICA	27. Vistas escénicas y panorámicas	-4	4	-4	4	-4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	33	-	132		
		29. Estilo de vida	-4	4	-4	4	-4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	18	-	69	
	NIVEL CULTURAL	30. Salud y seguridad	-4	4	-4	4	-4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	-13	-	-85		
		31. Empleo	6	1	8	4	8	4	6	1	8	4	6	1	8	4	6	1	8	4	6	1	8	4	6	1	8	4	6	1	8	4	6	1	180	-	390	
	SERVICIO INFRAESTRUCTURA	33. Construcciones	-1	1	-1	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	18	-	18	
		35. Eliminación residuos	6	1	6	1	4	1	6	1	4	1	6	1	4	1	6	1	4	1	6	1	4	1	6	1	4	1	6	1	4	1	6	1	132	-	132	
IMPACTO TOTAL			MAGNITUD +/-	-8	-2	2	26	-15	15	-6	-19	8	-5	-13	-9	-5	1	15	14	13	17	18	11	14	14	-7	-7	-13	23	-	-	-	-	-				
			IMPORTANCIA +	-44	-2	-1	94	-157	43	-53	-108	-13	-52	-37	-51	-17	-11	51	71	75	67	80	49	-6	6	-55	-49	-55	35	-	-	-	-	-140				
			PONDERADO	-44	-2	-1	94	-157	43	-53	-108	-13	-52	-37	-51	-17	-11	51	71	75	67	80	49	-6	6	-55	-49	-55	35	-	-	-	-	-140				

Impactos Positivos					
Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Intensidad	Afectación	Calificación
Baja	Baja	+1	Baja	Baja	+1
Baja	Media	+2	Baja	Media	+2
Baja	Alta	+3	Baja	Alta	+3
Media	Baja	+4	Media	Baja	+4
Media	Media	+5	Media	Media	+5
Media	Alta	+6	Media	Alta	+6
Alta	Baja	+7	Alta	Baja	+7
Alta	Media	+8	Alta	Media	+8
Alta	Alta	+9	Alta	Alta	+9
Muy Alta	Alta	+10	Muy Alta	Alta	+10

Impactos Negativos					
Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Intensidad	Afectación	Calificación
Baja	Baja	-1	Baja	Baja	+1
Baja	Media	-2	Baja	Media	+2
Baja	Alta	-3	Baja	Alta	+3
Media	Baja	-4	Media	Baja	+4
Media	Media	-5	Media	Media	+5
Media	Alta	-6	Media	Alta	+6
Alta	Baja	-7	Alta	Baja	+7
Alta	Media	-8	Alta	Media	+8
Alta	Alta	-9	Alta	Alta	+9
Muy Alta	Alta	-10	Muy Alta	Alta	+10

Calificación negativa		
Irrelevantes	0	-25
Moderados	-25	-50
Severos	-50	-75
Críticos		>-75
Calificación positiva		
Poco importante	0	-25
Importante	-25	-50
Muy importante	-50	-75

## **Matriz de Leopold**

La Matriz de Leopold es una herramienta utilizada en la evaluación de impactos ambientales. Esta matriz ayuda a identificar y cuantificar los efectos ambientales de un proyecto en diferentes componentes del medio ambiente. La matriz combina actividades del proyecto con factores ambientales específicos, evaluando el grado de impacto positivo o negativo sobre cada uno de ellos.

Los trabajos preliminares presentan un impacto ligeramente negativo en suelos, geomorfología y calidad del aire, pero generan empleo (+6 y +8) y contribuyen a la eliminación de residuos (+6). La preparación del terreno, que incluye nivelación, compactación, excavación y relleno, muestra impactos negativos significativos en suelos, calidad del aire y ruido, aunque genera empleo positivo (+8) y ayuda en la eliminación de residuos (+4). El uso de residuos de construcción en actividades como reciclado, transporte, clasificación y separación presenta impactos negativos en el aire y ruido, pero tiene efectos positivos en el empleo. La producción de mezclas asfálticas con residuos de construcción, que involucra actividades de mezcla y fabricación, muestra impactos negativos en la calidad del aire y el ruido, pero genera empleo positivo (+8). La ejecución, con la colocación de material granular, compactación y aplicación de capas, tiene impactos negativos en el suelo y el aire, pero genera empleo positivo (+8) y mejora la eliminación de residuos (+6). Las obras de arte, como la construcción de cunetas y muros de contención, presentan impactos negativos significativos en el suelo y la calidad del aire. El área de máquinas y mantenimiento muestra impactos negativos moderados en el aire y el ruido, pero genera empleo positivo (+4). El desmantelamiento y rehabilitación, con actividades de desmontaje y limpieza, tiene impactos negativos en el suelo y el aire, generando empleo positivo (+6).

Al sumar los impactos positivos y negativos, se obtiene un resultado final que indica el impacto agregado del proyecto sobre el medio ambiente, el cual es de -140, y de acuerdo a los rangos que se adjuntarán en anexos junto con la matriz de Leopold indica una calificación "crítico".