



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Efecto de la incorporación de caucho reciclado en el comportamiento del concreto  
para un pavimento rígido”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Abanto Rios, Cesar Yoel (ORCID: 0000-0001-5530-0965)

Tantalean Monsalve, Euler (ORCID: 0000-0002-6423-0214)

ASESOR:

Mg. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO-PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A Dios y a mis padres

Dedico este proyecto de investigación especialmente a Dios, por permitir alcanzar este importante momento de nuestra formación profesional. A mis padres Cesar Gary Abanto Contreras, Beatriz Teofila Rios de la Cruz, por su confianza, dedicación, formación y amor, desde el momento de mi existir.

A mis hermanos

Pamela Judith Abanto Rios, Kevin Jairo Abanto Rios, Josue Eli Abanto Rios, Ariana Loren Abanto Rios, por su apoyo y motivación, pero sobre todo a Katerin Yesmina Abanto Rios, por el apoyo incondicional de mi formación profesional y en la realización de esta tesis.

A mis Queridos Tíos y Primos por su motivación y apoyo incondicional para ser exitoso en la vida.

Cesar

A mis padres

Luis Santiago Tantalean Medina y Rosaura Monsalve Torres, por su apoyo incondicional quienes con bastante sacrificio me apoyaron para llegar hasta este momento y sobre todo por el amor, confianza y formación que me brindaron.

A mis familiares y amigos por la motivación de no caer y seguir adelante para llegar a este momento.

Euler

## **Agradecimiento**

Agradecer a Dios por abrirnos el camino y ser nuestro guía y fortaleza para llegar hasta aquí, concluyendo esta fase de nuestra vida.

A nuestros padres y hermanos, por el inmenso sacrificio dado en nuestro desarrollo profesional. Dar gracias por los valores de respeto, sinceridad, amistad y responsabilidad los cuales nos ayudaron a cumplir muchas metas trazadas.

A nuestro asesor de tesis Ingeniero Marlon Gastón Farfán Córdova por brindarnos su tiempo valioso y apoyo incondicional dándonos observaciones y sugerencias para poder concluir con la presente investigación.

Agradecemos a todas aquellas personas que creyeron en nosotros, brindando motivación incondicional y apoyo a lo largo de este proceso, sin ustedes no habiéramos logrado nuestra investigación.

## **Página Del Jurado**



## Declaratoria De Autenticidad

### Declaratoria De Autenticidad

Nosotros, Cesar Abanto Rios, Euler Tantalean Monsalve, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados cada uno con DNI: N° 76369069, N° 48427093; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la

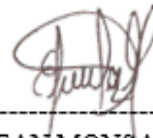
En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 20 de Julio del 2020



ABANTO RIOS, CESAR YOEL

DNI: 76369069



TANTALEAN MONSALVE, EULER

DNI: 48427093

## Índice

<b>Carátula</b> .....	i
<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Página Del Jurado</b> .....	iv
<b>Declaratoria De Autenticidad</b> .....	v
<b>Índice</b> .....	vi
<b>Índice de Cuadros</b> .....	viii
<b>Índice de Figuras</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MÉTODO</b> .....	13
2.1. Tipo y Diseño de investigación .....	13
2.2.. Variables y Operacionalización.....	15
2.3. Población, muestra y muestreo .....	15
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	16
2.5. Procedimiento:.....	17
2.6. Métodos de análisis de datos: .....	27
2.7. Aspectos éticos: .....	27

<b>III. RESULTADOS</b> .....	28
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	45
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	47
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	48
<b>REFERENCIAS</b> .....	49
<b>ANEXOS</b> .....	56
Anexo 1. Diseño de mezclas.....	56
Anexo 1. Panel topográfico.....	64

## Índice De Cuadros

Cuadro 1. Operacionalización de variables .....	15
Cuadro 2. Factor de corrección para “s” .....	20
Cuadro 3. Resistencia a la compresión promedio.....	21
Cuadro 4. Control de calidad en obra.....	21
Cuadro 5. Tamaños máximos nominales.....	21
Cuadro 6. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcciones.....	22
Cuadro 7. Volumen unitario de agua.....	23
Cuadro 8. Contenido de aire atrapado.....	23
Cuadro 9. Relación de agua/cemento por firmeza.....	24
Cuadro 10. Máxima relación de agua/ cemento para concretos expuestos a condiciones especiales.....	25
Cuadro 11. Volumen del agregado grueso por volumen de concreto.....	26
Cuadro 12. Análisis granulométrico- agregado grueso.....	28
Cuadro 13. Análisis granulométrico – agregado fino.....	30
Cuadro 14. Contenido de humedad agregado grueso.....	32
Cuadro 15. Contenido de humedad agregado fino.....	33
Cuadro 16. Peso específico y absorción del agregado fino.....	34
Cuadro 17. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	34
Cuadro 18. Peso unitario del árido fino.....	35
Cuadro 19. Masa unitario y vacíos del árido grueso.....	36
Cuadro 20. Cantidades de mezcla de diseño por metro cúbico .....	37
Cuadro 21. Calculo de material para 8 probetas por cada grupo.....	38

Cuadro 22. Consistencia máxima - concreto fresco.....	38
Cuadro 23. Resultados de ensayos a compresión para $f^c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , con 14 días de curado.....	39
Cuadro 24. Resultados de ensayos a compresión para $f^c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , con 28 días de curado.....	41
Cuadro 25. Máxima firmeza a la presión en 14 y 28 días.....	42
Cuadro 26. Prueba de normalidad de la resistencia.....	42
Cuadro 27. Análisis de la resistencia a la compresión por medidas representativas.....	43
Cuadro 28. Análisis de varianza ANOVA de un factor .....	43
Cuadro 29. Comparaciones múltiples entre las muestras.....	44

## Índice De Figuras

Figura 1. Esquema diseño experimental.....	15
Figura 2. Ensayos a dos tiempos de curado de los testigos.....	16
Figura 3. Agregado grueso – Curva granulométrica.....	29
Figura 4. Agregado fino – Curva granulométrica.....	31
Figura 5. Máxima resistencia a la compresión a los 14 días de curado.....	40
Figura 6. Máxima resistencia a la compresión a los 28 días de curado.....	41

## RESUMEN

Esta investigación refiere al estudio de pavimentos de concreto, esto a consecuencia de que los últimos años se ha venido analizando y probando una serie de materiales con la finalidad de optimizar, mejorar el desempeño y buscar la reducción de materiales, pero que tenga la misma calidad, por ende, el objetivo principal es evaluar el efecto de la incorporación del caucho reciclado en el comportamiento del concreto para un pavimento rígido. Se realizaron varios ensayos a los materiales como: granulometría, contenido de humedad, peso específico y capacidad de absorción, peso unitario seco y compactado, de acuerdo a lo establecido en las normas NTP y la ASTM. El ensayo de la resistencia a la compresión se determinó en 32 testigos, los cuales fueron divididos en 3 grupos experimentales (tres grupos con adición de caucho reciclado) y uno patrón, los cuales se ensayaron a 14 y 28 días de curado, correspondiendo para cada grupo de testigos. La mezcla fue dosificada para una resistencia a la compresión  $f'_{cr}$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>; el grupo 1 (G1) presentó una dosificación 0% de caucho, el grupo 2 (G2) un 5% de caucho reciclado, el grupo 3 (G3) un 10% y el grupo 4 (G4) un 15% de caucho reciclado. Concluyendo que el mejor resultado lo brindó el grupo 2 con una resistencia máxima a la compresión de 269.77 kg/cm<sup>2</sup>, superando al grupo control (concreto convencional) en 22.16%.

Palabras clave: Caucho reciclado, Concreto, resistencia

## **ABSTRACT**

This research refers to the study of concrete pavements, this as a result of the fact that in recent years a series of materials has been analyzed and tested in order to optimize, improve performance and seek the reduction of materials, but that have the same quality Therefore, the main objective is to evaluate the effect of the incorporation of recycled rubber on the behavior of concrete for a rigid pavement. Several tests were carried out on the materials such as: granulometry, moisture content, specific weight and absorption capacity, dry and compacted unit weight, in accordance with the provisions of the NTP and ASTM standards. The compressive strength test was determined in 32 controls, which were divided into 3 experimental groups (three groups with the addition of recycled rubber) and one standard, which were tested at 14 and 28 days of curing, corresponding to each group of witnesses. The mixture was dosed for a compressive strength  $f'_{cr}$  of 210 kg / cm<sup>2</sup>; group 1 (G1) presented a dosage of 0% rubber, group 2 (G2) 5% recycled rubber, group 3 (G3) 10% and group 4 (G4) 15% recycled rubber. Concluding that the best result was provided by group 2 with a maximum resistance to compression of 269.77 kg / cm<sup>2</sup>, surpassing the control group (conventional concrete) by 22.16%.

Keywords: Recycled rubber, Concrete, resistance



## I. INTRODUCCIÓN

La finalidad de la presente investigación es determinar la variación en el comportamiento del concreto de cemento portland utilizado en obras de pavimentación, debido a la incorporación de caucho reciclado, comportamiento expresado en resistencia a la compresión ( $f'c$ ).

Por ende, dentro de la realidad problemática se tiene que, hoy en día la falta de infraestructura vial es uno de los problemas principales (Vásquez, 2008). Una vía con pavimento flexible o rígido es diseñada para retener el peso del transporte (MTC, DG-2013), no obstante, el deterioro y las imperfecciones generalmente son a corto tiempo de su construcción, lo que origina un malestar para los vehículos y transeúntes (Pérez y Gardey, 2012). Así mismo el perjuicio de diseño del proyecto de la pavimentación influye distintos especímenes de fallas que se conoce como fisuras, deformidad en la subrasante, problemas de atascamiento de drenaje, etc. Por eso acorta la vida del pavimento (Calo, 2016).

El concreto, es único como materia prima muy directo usado en la construcción civil, debido que muestra gran duración y posee una alta resistencia. Si mencionamos en donde se puede aplicar; están en edificios, canales, puentes, trabajos de arte, etc. El concreto se forma por la unión del cemento, agregados (grava y arena) y agua. Esta estructura cuando alcanza su endurecimiento, es empleada en la ingeniería, tanto en columnas, vigas, cimientos, sobre cimientos, pilares, losas, puentes, vías, etc. (Gonzales, 2015, p. 5).

En el concreto se han empleado diferentes especímenes de filamentos para dar un mejor comportamiento en sus particularidades físicas y mecánicas, además que proporciona mayor durabilidad. El caucho es un material sintético obtenido por la combinación de diferentes químicos, lo que hace que sus propiedades físicas y químicas tengan una gran importancia (Revista sltcaucho, 2019). Por otro lado, la preocupación mutualista ambiental en la nación concurre en la ignición de llantas convirtiéndose en un hecho una tarea habitual. La quema de neumáticos origina un impacto negativo debido a la difusión de CO<sub>2</sub>.

Actualmente, la recuperación de los neumáticos excluidos, es una realidad, existen diferentes métodos para sacar la materia prima, para luego fabricar materiales derivados del caucho de los neumáticos (Ceballos, 2016). Por otro lado (Barra et.al, 2018), menciona que el caucho reciclado se obtiene por la trituración o molidura de los neumáticos, excluyendo las fibras textiles y el acero. Por ende, es económicamente viable porque la trituración de llantas tiene un valor bastante económico por kilogramo, pero a la vez también se puede elaborar manualmente (Aniorte, 2017).

Varios países de Sudamérica como Ecuador, Colombia y Chile vienen experimentando con el caucho y a la vez investigando que otro material se puede emplear en un pavimento flexible o rígido, sobre todo ser sostenible (Bioamasa, 2018). Por otro lado, hay mucha información e investigación acerca de qué utilizar en un pavimento rígido o flexible, por esta razón empresas privadas buscan nuevas ideas tanto en procesos constructivos como a la vez buscan que material pueden sustituir a los materiales convencionales, en el sentido de disminuir costos, con mayor durabilidad y contribuyendo en el impacto ambiental (Abilia, 2019). En el Perú no se ha utilizado el caucho en un pavimento rígido, pero se puede emplear.

Es por ello, ante la falta del poco uso que se le da al caucho viene esta problemática, donde nace la idea de usar el caucho reciclado para un pavimento de concreto o pavimento rígido, ver el efecto beneficioso es nuestra prioridad, por ende, debido a sus propiedades mecánicas, mejoraremos su firmeza, durabilidad y minimizar el impacto ambiental.

Dentro de los trabajos previos, existe gran variedad de estudios de investigación sobre el caucho a nivel nacional e internacional; pero en un pavimento rígido aún no se encuentra trabajos realizados. Por ello se tomó como referencia y a la vez de guía, los trabajos siguientes:

Quezada y López (2019), en su tesis “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto F’c 210 kg/cm<sup>2</sup> utilizando cemento ico y la adición de diferentes porcentajes de fibra de caucho reciclado”, tuvieron como objetivo evaluar sus propiedades del concreto agregando fibras de caucho en porcentajes de 5, 10 y 15% y cemento ico; empleando la metodología del método ACI 211 en una firmeza a la presión de 210

kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que el óptimo porcentaje de caucho es 5%, dando una firmeza a la presión de 252.4 kg/cm<sup>2</sup>.

Ledezma y Yauri (2018), en su tesis “Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines en la provincia de Huancavelica”, la cual tuvieron como objetivo sustituir el caucho reciclado en polvo en el agregado fino para la elaboración de adoquines con un diseño de mezcla de concreto, y ver si mejora su capacidad de carga en compresión. Utilizaron porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de caucho reciclado en polvo en la mezcla de concreto según normas ASTM. Concluyeron que al incorporar un 25% de caucho en polvo, no deteriora el concreto en cuanto a su propiedad a la resistencia, además es más liviano el adoquín y sobre todo que disminuye los efectos negativos en el medio ambiente.

Farfán y Leonardo (2018), en su investigación “Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante”, tuvieron como objetivo sustituir el caucho y aditivo plastificante en un concreto modificado de 210 kg/cm<sup>2</sup> para evaluar las resistencias a la compresión y flexión, usando porcentajes de 5%, 10% y 15% de caucho reciclado. Concluyendo que agregando el 5% de caucho es el óptimo para su máxima resistencia a la presión, dando así como resultado de 218.45 kg/cm<sup>2</sup> y 10% de caucho reciclado la firmeza máxima a la presión es de 212.33 kg/cm<sup>2</sup>; pero agregando el aditivo tiene una mejora significativa, se puede utilizar en construcciones donde haya escasa fuerza sísmica.

Cabanillas (2017), en su investigación “Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado”, tuvo como objetivo hacer un diseño y determinar su firmeza a la presión del hormigón agregando átomos de caucho, para ello utilizaron laboratorio para diseñar las proporciones necesarias del concreto y a la vez preparar; agregando abetinote reciclado en 10%, 15% y 20%. Se concluyó que la firmeza mecánica a compresión utilizando 10% de caucho, fue con una firmeza de 191.65 kg/cm<sup>2</sup>, entretanto para el 15% de caucho, su resistencia fue 129.39 kg/cm<sup>2</sup>, finalmente para un 20% de caucho su resistencia disminuye. Al analizar las diferentes variaciones de caucho (%) se obtuvo que con el 10% ofrece una resistencia alta.

Suarez y Armando (2016), en su investigación “Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación”, tuvieron como objetivo sustituir caucho reciclado al agregado fino para ver su comportamiento en la resistencia a presión y flexión para un concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando ensayos según normas peruanas y método comité ACI y al final estadística; aplicando porcentajes de caucho reciclado en 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. Concluyeron que al incorporar 20% de caucho reciclado para un concreto de  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>, la firmeza a compresión aumenta considerablemente; pero la proporción más óptimo de caucho fue de 15% dando una resistencia de 15.48% de decremento, además dando aislamiento térmico.

Guzmán (2015), en su tesis “Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos en la elaboración de concreto estructural en Chimbote”, propuso como objetivo, mejorar mezclas nuevas de concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> remplazando en áridos por caucho de neumáticos. Utilizaron porcentajes de caucho reciclado de 5%, 15%, y 25% para reemplazar en los agregados (grueso y fino), efectuando ensayos establecidos en la Norma Técnica Peruana y ASTM. Concluyendo que para una capacidad de diseño de 210  $kg/cm^2$ , hicieron 3 mezclas sustituyendo al agregado grueso 5%, 15% y 25% de caucho reciclado de neumáticos, obteniendo diferentes capacidades a la compresión de 215.01  $kg/cm^2$ , 198.02  $kg/cm^2$  y 140  $kg/cm^2$ , siendo el porcentaje de 5% más óptimo de caucho reciclado, mejorando su comportamiento en la resistencia a compresión.

Albano et.al (2013), en su investigación “Propiedades del hormigón de cemento portland modificado con chatarra de caucho en diferentes proporciones w/c”, tienen como objetivo estudiar el concreto incorporando neumáticos en residuos para ver si afecta su comportamiento en la resistencia a presión. Empleando diferentes proporciones de 5, 10 y 15% de residuos de caucho en edades de 7 y 28 días. Concluyeron que los porcentajes óptimos es de 5 y 10% de caucho aumentando considerablemente su firmeza a la compresión.

Ramírez y Carolina (2016), en su investigación “Evaluación del comportamiento del grano de caucho de la llanta reciclada en la producción de concreto para la empresa argos”, tuvieron como objetivo evaluar su comportamiento de caucho reciclado en el concreto en la empresa Argos. Utilizaron proporciones de 5, 10, 15 y 20% de grano de

caucho para edades de 7 y 28 días de curado según las Normas Técnicas Colombianas y ASTM para ver la firmeza en términos de compresión. Concluyeron que la firmeza a la presión reduce considerablemente, es decir hasta un porcentaje de 5% es el más óptimo.

Dentro de las teorías relacionadas existentes, para la realización del tema de investigación, se obtuvieron de varias fuentes como:

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), por medio de la Guía de diseño método AASHTO 93, nos dice que un pavimento rígido o de concreto es una capa de concreto simple o armado apoyándose de en una base y subbase, cumpliendo como función; soportar los esfuerzos distribuyendo el peso de las ruedas uniformemente.

El concreto, según Sánchez de Guzmán (2011), es una mezcla de conglomerante + áridos (fino y grueso) y H<sub>2</sub>O, en algunos casos incorporando aditivos, para mejorar la resistencia, acelerar o retardar, lo que al llegar a su estado de endurecimiento forma una piedra artificial y es apto de sostener cargas de compresión (p. 20).

El concreto tiene componentes como el cemento, el cual, según: Gutiérrez de López (2003), el cemento portland es adquirido por el polvillo del Clinker con yeso. El Clinker nace del proceso de calcinación de la roca caliza y arcilla (p.34), afirmando así Abanto (2013), una calcinación bien dosificada en la fusión de una aleación conveniente de materiales silíceos, calcáreos y férricos (p. 29).

Dentro de los Agregados, Gutiérrez de López (2003), menciona que el concreto constituye entre 70% – 80% de conglomerados en su volumen. Por ende, se apunta que las características de los agregados deslucidos, necesita la totalidad de apariencia de un concreto. Dentro de la clasificación de los agregados tenemos el agregado fino, que según, el mencionado autor es una material llenante ejerciendo como lubricante del agregado grueso, otorgando al concreto una manejabilidad (p. 48). Es así que Abanto (2013), menciona que la arena es considerada por sus diferentes dimensiones, además tiene que ser retenido hasta el tamiz 9.5 mm. Así también, la exageración de arena requiere más cantidad de agua, lo que produce un determinado hundimiento, por lo que, si aumenta más arena la mezcla se volverá cohesivo y si tiene más agua se necesitará más cemento; por lo que siempre se debe sostener un vínculo entre agua y

cemento además la carencia de arena se plasma por la sequedad de la mezcla (p. 23). Gutiérrez de López (2003), menciona que un agregado fino tiene que ser regulado para que al momento de combinar llene los espacios y produzca una mezcla bien elaborada, para encontrar el módulo de fineza debe hallarse sumando lo que retiene en los tamices, esto evita segregación del agregado grueso en el momento que, la arena es demasiado fina (p. 50).

Por otro lado, el agregado grueso, según Abanto (2013), es llamado muchas veces como grava o piedra chancada (p. 24). Así mismo, Gutiérrez de López (2003), sostiene que el agregado grueso se emplea para la elaboración de concreto. Por lo tanto, se debe usar una cantidad posible y de tamaño mayor, un agregado grueso debe tener un eficiente tamaño, ya que la carencia de dos o más medidas continua que puede generar dificultad de separación (p. 46).

Otro de los componentes del concreto es el Agua, que según el mencionado autor sostiene que es un elemento fundamental para la obtener mortero o concreto, tiene a desarrollar una capacidad de amarre con el cemento. Para cada volumen de cemento, necesita usar proporciones de agua que admita la absorción del cemento, asimismo incrementa una facilidad en la mezcla adquiriendo de este aspecto manejable, conveniente favoreciendo las mezclas nuevas (p.48). Por otro lado, Carrillo (2003), menciona ser cuidadosos en la proporción agua-cemento, porque de ello se basa la resistencia del concreto, por ende, la cantidad de agua tiene que ser limitado y lo necesario al momento de emplear (p. 28).

Para las propiedades del concreto, Quiroz y Salamanca (2006), sostienen que el concreto está expuesto a fuerzas mecánicas (compresión, tracción y corte), de igual manera el módulo de elasticidad y módulo de poisson, así pues, es utilizado por el profesional estructural donde pueda hacer el diseño de estructuras, interviniendo en la porción en componentes que se emplea para realizar el concreto, colocando en el trabajo de dicha construcción.

Por otro lado, dentro de las propiedades del concreto, según los mencionados autores tiene la Resistencia el cual se desloga en Resistencia a la Compresión, especificando a modo de medida limite a capacidad de la carga axial, donde es la medición usual de

empeño que aplican profesionales para diseñar edificaciones, a la vez diferentes estructuras en tamaños diferentes. La norma técnica peruana (NTP 339.034), menciona que, para hallar la firmeza a la presión en kilogramos por centímetros al cuadrado, se obtiene realizando el ensayo con probetas cilíndricas de 15x30 cm ensayados en días diferentes.

Además, está la resistencia a la tracción, según los mencionados autores sostienen que la resistencia a la tracción esta puesto por deformidad que sufre cuando es limitado por contorsión que posea y se evidencia por agrietamientos. La presencia de fisuras, sitios de tracción donde los componentes de concreto armado son expuestos a causa de flexión, esto acata primeramente de la resistencia a la tracción. Esto implica muestra de fuerzas a tracción en el concreto, además diferentes productos de torsión, corte y otras acciones. Además, la norma técnica peruana (NTP 339.078), indica la correcta forma para obtener la firmeza a la flexión expresado en módulo de rotura (MR), aplicando carga a las muestras hasta el punto donde se produzca falla.

Por último, la resistencia al corte, según los mencionados autores, este ensayo las muestras están de sujetas a una carga axial, habitualmente fracasan por incisión a lo amplio de su llano ladeado. Esto se origina a la unión de todo el trabajo en el eje del cilindro (probetas). El defecto que se da en diagonal que muestra es por la razón de una situación de cargas primordiales a la compresión y tracción de semejante magnitud a las cargas del corte. El concreto tiene fragilidad al resultado de tracción que, al corte, punto que en conclusión altera mucho, por tal motivo existen algunas desigualdades y dificultades a los ensayos.

La Permeabilidad y Absorción es parte de las propiedades del concreto, Según los autores ya mencionados sostienen que la permeabilidad y la absorción son esenciales al intercambio a distintas actividades que destruyen al cemento; el circulamiento de agua por medio de la masa consigue entender efectos osmóticos. El agua al introducirse al cuerpo permeable, a modo vapor o liquido; es otorgado por el arrastramiento capilar, o expulsión en el interno de ese cuerpo a una opresión baja o relacionarse por una mezcla consecutiva (pp. 115-116-130-132).

Otra propiedad es la Trabajabilidad, Según Abanto (2013) aporta al hormigón la comodidad de ser usado como mezcla, además de ser transportado, compactado y concluido sin perder desegregación al momento de las operaciones (p. 47). Por otro lado, Quiroz y Salamanca (2006), la Trabajabilidad es la sencillez que posee el hormigón al combinar, transportar y descargar (vaciado), además donde corresponda su fin con pérdida mínima de uniformidad, ello dependerá de las cantidades y rasgos físicos de los elementos y de las circunstancias de apuesta en sitio de trabajo, de la forma del componente, espacio y la dimensión del soporte.

La Durabilidad del concreto, según los autores ya mencionados en la página 19, sostienen que es la idoneidad para aguantar las complicaciones de la naturaleza, químicos, arrastro y otras limitaciones de servicio; de esa forma que sus peculiaridades se sostengan en su existencia útil. El concreto para que sostenga su aspecto único y tenga durabilidad, tiene que sujetar al carácter en calidad y empleo ante el medio ambiente. Para que uno de los componentes de hormigón sea durable, tiene que estar en función de sus propiedades y del lugar, también se necesita el estado que se encuentra, por ende, es de gran importancia las investigaciones en el ámbito y sus particularidades para lo que será mostrado, logrando hacer un buen diseño de mezcla presentando un admirable trabajo (Quiroz y Salamanca, 2006, pp. 135-137).

El Curado, según el ACI 308 R (2016), sostiene que el cemento mediante un procedimiento endurece en un tiempo determinado, producido por la hidratación que existe entre el calor y el agua; eso quiere decir cuando el cemento humedece es necesario un 25% de agua de la masa de cemento, por ende, debe haber disponibilidad de agua por lo que la hidratación sea factible en espacios saturados. Carcaño y Serrano (2013), menciona que el curado es el principal medio que garantiza al material poder llegar a su resistencia máxima. El ACI 305, menciona que el empleo del agua frecuente es el proceso empleado para el curado del concreto, el cual se emplea por dos métodos: Por inmersión, este método tiene algunas incomodidades debido que el concreto tiene que hundirse completamente, es así que en la práctica no se da. El otro método es el empleo de rociador, según la norma ASTM C-59 conjuntamente con la norma de agua (H<sub>2</sub>O) de mezclado para concreto; señala que para el curado del concreto tiene que ser agua potable, lo que ofrece fácil aplicación y excelentes resultados (p. 5).



Para el Diseño de mezcla, Rivva (2006) sostiene que el diseño de mezclas concierne a la utilización del conocimiento y métodos para los elementos del concreto y la relación por medio de sí mismos, consiguiendo resultados de un componente de excelentes peculiaridades que satisfaga con los requisitos para cada propósito (p. 203).

El comité ACI 211 encontró y estableció un procedimiento de boceto de combinación donde hasta la fecha es utilizado, este procedimiento se apoya en los números mostrados en tablas a fin de adquirir valores de los componentes que constituirán el hormigón. También el ACI 211 menciona, al realizar un diseño de mezcla se requerirán fundamentos específicos como: modelo de cemento, firmeza a la presión en kilogramos por centímetros al cuadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ), peso específico del cemento en gramos por centímetros al cubo ( $\text{gr/cm}^3$ ), slump requerido, peso específico del agua en kilogramos por metro al cubo ( $\text{kg/m}^3$ ), datos de los ensayos de suelos del agregado fino y grueso: perfil. Peso unitario suelto en kilogramos por metro al cubo ( $\text{kg/m}^3$ ), peso específico en kilogramos por metro al cubo ( $\text{kg/m}^3$ ), peso unitario compactado en kilogramos por metro al cubo ( $\text{kg/m}^3$ ), porcentaje de humedad, módulo de fineza, tamaño máximo nominal, porcentaje de absorción.

Pérez (2001), sostiene que el caucho es un polímero artificial obtenido de materias primas con peso molecular bajo. El caucho es empleado para la fabricación de neumáticos, aislantes e impermeables, cables, etc. Por lo que ofrece resistencia y elasticidad ante sustancias alcalinas y ácidos. Su descomposición es lenta por su elasticidad y además por ser inflamable.

El Caucho, según Pineda (2014), es derivado del neumático, dentro de su origen fue descubierto por el norteamericano Charles Goodyear en el año 1880 de forma accidental. Charles descubre el procedimiento de vulcanización, que se emplea para obtener caucho, además la firmeza y estabilidad imprescindible para fabricarlo. Dentro de sus propiedades tenemos la elasticidad, resistencia al desgaste, adherencia y longevidad.

El caucho reciclado para García (2016), se obtiene de los neumáticos que ya acabaron su vida útil, lo que hace un origen de energía aprovechable, un desecho que al ser valorizado logra ser usado en inmensidad de aplicaciones (p. 25). Por otro lado, la

Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER), menciona que hoy por hoy en la actualidad existe novedad, un recorrido de conseguir todo el potencial que ofrece el caucho reciclado. Así mismo, Fajardo (2014), en su libro carreteras ecológicas sostiene que el caucho reciclado es un elemento económico y útil en las mezclas asfálticas, además que al ser vulcanizado elimina inconvenientes encontrados por el polímero virgen, el ruido es menor y las deformaciones son mínimas (p. 17).

Esteve y Bolaños (2012), mencionan métodos para obtener el caucho reciclado de los neumáticos. El método aplicando calor, donde existen tres aplicaciones de calor, el primero es llamado termólisis donde los neumáticos se someten a temperaturas elevadas sin oxígeno para eliminar los lazos químicos, el segundo es llamado pirolisis donde los neumáticos están sometidos a temperaturas elevadas, pero incorporando oxígeno para separar toda materia orgánica excepto metales, el tercero es llamado incineración donde los neumáticos pasan a hornos mediante oxidación química incorporado bastante oxígeno. El otro es llamado método físico, que consta de tres métodos físico, el primero llamado trituración criogénica que no es muy recomendada por la dificultad de separar los componentes de un neumático, además por la complejidad de las instalaciones, el segundo es llamado trituración mecánica donde los neumáticos pasan por diferentes maquinas trituradoras hasta obtener el caucho en diferentes tamaños; ello dependerá el uso que se requiera. El último método físico es la conversión de neumáticos en energía eléctrica donde restos de neumáticos ya obtenido se introducen en calderas, el vapor que se origina es conducida hasta una turbina y por la misma presión origina energía eléctrica.

Dentro de las aplicaciones, según el mencionado autor en el último párrafo de la página 21, el caucho vulcanizado por su resistencia a la abrasión, utilizada para las carcasas de bombeo y tuberías, por su flexibilidad para la fabricación de mangueras, neumáticos y rodillos, por su elasticidad para amortiguadores y mecanismos, por ser impermeable a los gases para globos, colchones y mangueras de aire, revestimientos de tanques de almacenamiento. El factor de rozamiento del caucho es bajo en superficies húmedas y alto en superficies secas. Además, menciona cuando en la etapa de vulcanización, el caucho en presencia de azufre, se vuelve más firme y resistente. Los polímeros lineales paralelos durante la vulcanización, establecen cruce entre sí. La consecuencia terminante es que las partículas flexibles de caucho permanecen fusionadas en

diferentes tamaños, esto va formando un caucho duro, firme, con durabilidad mayor, más invulnerable a la agresión química y sin malgastar elasticidad (Pineda, 2014, p. 143).

Según la Secretaría de medio ambiente (2006), su composición de los neumáticos o llantas están gran cantidad de materiales, que dependen al uso que requieran, dentro de sus peculiaridades especiales están la firmeza a la carga, alta presión de posibilidad de manejo, así como unión de adherencia.

Dentro de la formulación del problema se planteó: ¿Cuál es el efecto debido a la incorporación del caucho reciclado en el comportamiento del concreto para un pavimento rígido?

Dentro del proyecto la justificación será de las siguientes maneras:

**Teórica:** Aun cuando el presente proyecto no tiene como fin aportar nuevas teorías respecto a incorporación de un producto como aditivo al concreto de cemento portland para pavimentación, cobra importancia la difusión y adaptación en nuestro medio de toda la teoría que soporta el presente estudio. Así mismo, se hace uso también de los aspectos teóricos en que se sustenta la normatividad vigente elaborando así los estudios de mecánica de suelos, como son: la Norma Técnica Peruana (NTP), American Concrete Institute (ACI) y American Society for Testing and Materials (ASTM).

**Metodológica:** Se recogerá información de origen confiables, que permitirán acceder y ejercer de la misma, sobre todo empleando en la realidad. Además, se sostendrá el uso de instrumentos estadísticos para el procedimiento de números y comparar los resultados.

**Práctica:** Nos condescenderá señalar valores obtenidos por el concreto con caucho reciclado con correspondencia a su resistencia a la compresión, y logren recurrir a manera de base para investigaciones a futuro. Por otro lado, el caucho reciclado tendrá uso en el pavimento, beneficiando en el aspecto ecológico; en el sentido que la contaminación de la quema de llantas reducirá y el reciclaje será mucho mayor, en lo social porque la población tendrá una vida sana y tranquilo sin contaminación y

económico porque reducirá costos en la preparación del pavimento rígido y tendrá mayor durabilidad.

La hipótesis de la presente investigación es: La incorporación de caucho reciclado en la preparación de concreto para un pavimento rígido mejora considerablemente su comportamiento.

En tal sentido, el objetivo principal es: Evaluar el efecto de la incorporación del caucho reciclado en el comportamiento del concreto para un pavimento rígido. Como objetivos específicos tenemos: Caracterización de los agregados para determinar sus propiedades físicas, Diseño de mezcla de concreto reemplazando en el agregado fino con caucho reciclado en 5%, 10% y 15% y Comparar la resistencia a la compresión de un concreto simple convencional y un concreto con caucho.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de investigación

#### 2.1.1. Tipo de estudio

Según enfoque, este estudio es cuantitativo porque hay datos numéricos. Según finalidad, es básica porque se va a basar en teorías previas para poder realizar el proyecto. Según nivel, el proyecto a investigar tiene un nivel descriptivo experimental, porque se va a experimentar en laboratorio dicho proyecto y según temporalidad, es transversal porque se estudiará un aspecto de proceso en distintos tiempos en 14 y 28 días (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Por tanto, la investigación es Cuantitativa, Experimental, puesto que se basa en la obtención de información al alterar y/o manipular la variable, para asimismo poder entender por qué el efecto o cambio en la variable dependiente.

#### 2.1.2. Diseño de investigación

En la investigación, se utilizó el diseño experimental puro con post prueba única y grupo de control (Hernández, et.al, 2014, p. 144). El esquema a usar es el siguiente:  
G.C: Grupo control.

RG1 – – – O1

RG2 – X1 – O2

RG3 – X2 – O3

RG4 – X3 – O4

Figura 1. Esquema diseño experimental

Fuente. Elaboración propia.

Dónde:

R: Random

G1: grupo control

G2, G3, G4: Grupos experimentales

X1: Dosificación de caucho reciclado al 5%

X2: Dosificación de caucho reciclado al 10%

X3: Dosificación de caucho reciclado al 15%

O1, O2, O3, O4: Medida de la resistencia a la compresión 14 y 28 días.

### 2.1.3. Variables y Operacionalización

- Variable Independiente  
Caucho reciclado
- Variable Dependiente  
Comportamiento del concreto

## 2.2. Operacionalización de variables

Cuadro 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Efecto caucho reciclado	El caucho reciclado es la trituración de las llantas, separando las fibras textiles y el acero (Mauricio, 2016).	El efecto se determinará mediante la aplicación de caucho reciclado en concentración de 5%, 10% y 15% en el concreto, por medio de ensayos de resistencia al concreto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene efecto</li> <li>• No tiene efecto</li> </ul>	Nominal
Comportamiento del concreto	El concreto es una combinación de conglomerantes: cemento + agregado grueso + agregado fino + agua, realizando ensayos para ver la calidad, proporcionando resistencia y durabilidad (Gonzales, 2015).	Se determinará por método de mecánica de suelos, empleando ensayos de compresión en probetas de forma cilíndrica en tiempos de 14 y 28 días de curado.	Resistencia del concreto medida en kg/cm <sup>2</sup>	Razón

Fuente. Elaboración propia.

## 2.3. Población, muestra y muestreo

Población: Mezcla de concreto conformado por agregado grueso, agregado fino, cemento derivado de la cantera Espinoza S.A. el milagro y agua doméstica, el caucho reciclado proveniente de Líder Grass Perú, para uso en pavimentación.

Muestra: Ha sido elegida según la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (2008). Comprende un total de 32 testigos, los cuales estarán divididos en 4 grupos experimentales (tres grupos con adición de caucho reciclado y uno patrón), los cuales se ensayarán a dos tiempos de curado distintos, correspondiendo para cada grupo de testigos (4 a 14 días y 4 a 28 días).

5% C.R. 10% C.R. 15% C.R. 0% C.R

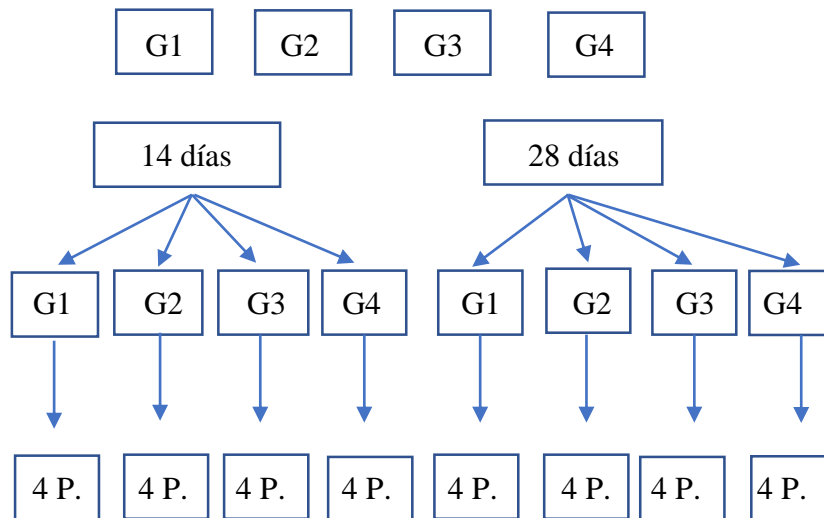


Figura 2. Ensayos a dos tiempos de curado de los testigos.

Fuente. Elaboración propia.

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

Técnicas:

Según Hernández, Fernández, y Baptista (2014, p.354), la técnica a emplear en nuestro proyecto de investigación es la observación, basado entre un estudio de materiales, donde se hizo la granulometría el cual se utilizó: tamices, balanza electrónica, palas, recipientes, taras, horno de secado. Para la preparación del concreto se utilizará: balanza electrónica, palas, recipientes, trompo mezcladora electrónico.

Instrumentos:

El instrumento fue la guía de observación, adaptándose a los procedimientos utilizados dentro de laboratorio de mecánica de suelos, además son calibrados según las siguientes normas:

- Para la granulometría por tamizado ASTM C136 y ASTM C33
- Para peso específico y absorción ASTM C128



- Para contenido de humedad NTP 339.185-2002
- Para peso unitario ASTM C129, NTP 400.017
- Para el diseño de mezcla ACI método del comité 211
- Para el ensayo de resistencia a compresión NTP 339.034.1999

Validez:

Las muestras realizadas en el laboratorio, estarán por un juicio de expertos claro esta aprobados, asimismo contaremos con los respectivos certificados de calibración de las maquinas a emplear tanto para los ensayos de materiales como ensayos de resistencia.

## 2.5. Procedimiento:

Granulometría:

La granulometría nos ayuda a clasificar según la cantidad de cada fracción del agregado, además determina el módulo de fineza, peso unitario suelto y compactado, porcentaje de humedad, porcentaje de absorción, peso específico y el tamaño máximo nominal que estamos trabajando en nuestro proyecto de investigación. La forma correcta de realizar es utilizando los tamices para consignar los diferentes porcentajes de partículas que pasan por cada tamiz.

Dentro de los equipos a emplear tenemos dos balanzas, una con 0.1% de sensibilidad del peso de la muestra y 0.01g de sensibilidad para pesar los agregados que haya pasado por el tamiz N° 4. Estufa teniendo capacidad de tener temperaturas constantes hasta 110 más menos 5°C.

Recipientes: Apropriados para dar uso en las muestras del material.

Cepillos y brochas: Las mallas de los tamices deben estar limpios.

Muestra: depende del agregado fino se puede ensayar con la muestra completa o también con lo que se lava el material fino, otro es de acuerdo con MTC E-106, mencionando que tiene que separar dos porciones: una retenida por el tamiz N° 4. Y otro que pasa por el tamiz mencionado.

Procedimiento

Con los áridos tanto fino como grueso obtenido de la cantera Espinoza S.A, primero se pesará 500 gr de material fino y 3000 gr de material grueso, colocando al horno en un lapso de 16 a 24 horas para luego pesarlo, transcurrido ese lapso de tiempo, se sitúa dentro del tamiz N° 200, después lavamos la muestra hasta que el color del agua salga clara, al concluir el lavado nuevamente colocamos al horno en un tiempo de 16 a 24 horas, se retira la muestra, se pesa y el resultado obtendremos el contenido de finura. Obteniendo los tamices y la muestra correspondientes, procedemos a colocar la muestra en los tamices unidos, manualmente realizamos movimientos circulares por un minuto aproximadamente, finalmente se procede a sacar cada tamiz, retirando el material retenido, y pesando, para luego evaluar los porcentajes que son retenidos, sucesivamente con los que pasan.

Cálculos

Cálculo del material en porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 (0074 mm)

$$\% \text{ Pasa } 0.074 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido por el tamiz } 0.074}{\text{Peso total}} * 100$$

Cálculo del porcentaje retenido dentro de cada tamiz

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} * 100$$

Cálculo del porcentaje más fino

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Porcentaje de humedad higroscópica

$$\% \text{ Humedad higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} * 100$$

Donde:

$W$  = peso del suelo secado al aire

$W_1$  = peso del suelo secado al horno

## Diseño de mezclas por el método de comité ACI 211

Para un diseño de mezclas establecido por el método del comité ACI 211, se plasma por medio de pasos consecutivos:

Elección de la firmeza promedio ( $f'_{cr}$ ): Una mezcla debe estar abocetado para una firmeza promedio de concreto, donde ese resultado sobrepase su firmeza señalada por el creador en este caso son el proyectista.

Para realizar el Cálculo de la desviación estándar se obtiene de las siguientes maneras:

Cuando se tiene la desviación estándar, para ello hay dos tipos de métodos que se puede emplear que son los siguientes:

Método 01, se emplea con prototipos con medidas estándar de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura con lo cual se fabricarán probetas, después se deberá apreciar la rotura de las probetas anotando el valor dado de la firmeza a la presión de cada espécimen (probetas), el cual tiene un propósito de conseguir:

$X_i$ = valores de firmeza adquiridos en probetas estándar

$\bar{X}$  = promedio de resultados de resistencia adquiridos en especímenes (probetas) estándar

Con los números (datos) obtenidos se utiliza la fórmula establecida para el cálculo de la desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Dónde:

S= desviación estándar de la muestra

N = representación de ensayos de la serie dadas

X1 = valor de ensayos individuales en firmeza

$\bar{X}$  = promedio en una serie (todos los especímenes ensayos individuales)

Método 02, utilizada en el momento que las pruebas consecuentes lleven un registro, donde se hallará su desviación estándar “s” conveniente por dichas pruebas, para así multiplicar por un factor de corrección dado en el cuadro 2 obteniendo así nuevo valor de “s”

Cuadro 2. Factor de corrección para “s”

Muestras	Factores de corrección
Menos de 15	Usar tabla 2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Fuente. Comité ACI 211, 2009

Cálculo de la resistencia promedio requerida.

La resistencia promedio requerida reside en cuestión de la firmeza a la presión del hormigón que se empleará, la firmeza se usará en la elección de la proporción de mezcla para el hormigón, emplearemos el valor mayor adquirido satisfaciendo las ecuaciones siguientes, donde según el método del comité ACI 211 sustituiremos la desviación estándar alcanzada inicialmente.

$$F'_{cr} = F'c + 1.33 \times S \dots \dots \dots (1)$$

$$F'_{cr} = F'c + 2.33 \times S - 35 \dots \dots (2)$$

Dónde:

S= Desviación estándar en kilogramos por centímetro al cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>)

Por otro lado, aun cuando no contamos con búsquedas de firmeza de especímenes (probetas) proporcionados a trabajos anteriores o cuando los testimonios para la resistencia a la presión del concreto no se cuentan, se empleará el cuadro 3:

Cuadro 3. Resistencia a la compresión promedio.

f'c	f'cr
menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
sobre 350	f'c + 98

Fuente. Comité ACI 211, 2009.

Teniendo un balance de control de calidad en el trabajo se puede usar valores mostradas en el siguiente cuadro 4.

Cuadro 4. Control de calidad en obra.

Nivel de control	F'cr
Regular o malo	1.3F'c a 1.5F'c
Bueno	1.2F'c
Excelente	1.1F'c

Fuente. Comité ACI 211, 2009.

Según Rivva (2006), para el agregado grueso la elección de dimensión máximo nominal, la norma ASTM C-33, en el cuadro 5 indica la curva granulométrica adecuados para cada tamaño que perciben cada tamiz desde 2" y 3/8" (p.198).

Cuadro 5. Tamaños máximos nominales.

Tamaño Máximo Nominal	Porcentajes que pasan por las mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0.5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0.1	0.5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0.1	0.5
1/2"	-	-		100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	-	-			100	85-100	10-30	0.1

Fuente. Diseño de mezclas Comité ACI 211, 2009.

Para la selección del asentamiento (Slump), según Chapoñan y Quispe (2017), influye según el diseño de mezcla requerido a utilizar clasificándose: 0mm hasta 50mm de asentado en mezclas secas de, de 75mm hasta 100mm de asentado en mezclas plásticas, por último, mezclas fluidas con asentado por encima de 125mm (p. 100).

Por otro lado, dentro de las especificaciones técnicas del trabajo no demuestren efectividad del valor de asentamiento a emplear para los diseños de mezclas, se consigue a optar un valor apropiado obtenido en el cuadro 6.

Cuadro 6. Asentamientos dados para diferentes tipos de construcción.

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Mínimo	Máximo
Zapatas y muros de cimentación armados	1”	3”
Cimentaciones simples, cajones y muros de subestructuras	1”	3”
Columnas	1”	4”
Vigas y muros reforzados	1”	4”
Lozas y pavimentos	1”	3”
Concreto ciclópeo y masivo	1”	2”

Fuente. Diseño de mezclas- Comité ACI 211, 2009.

Conforme al comité ACI 211 para la elección de agua para el mezclado y aire contenido, se accede a la selección de capacidad unitaria de agua en agregados tanto para periodo seco incorporado con o sin aire, lo cual es indicado en el cuadro 7.

Cuadro 7. Volumen unitario de agua.

Asentamiento	Agua lt/m <sup>3</sup> para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207		190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	—
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	175	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	—

Fuente. Diseño de mezclas- Comité ACI 211, 2009.

Los registros adquiridos de este cuadro pertenecen al agregado grueso donde los valores máximos de perfil esquinado y granulometría englobada entre terminaciones de la Norma ASTM C33

$$Volumen\ de\ agua\ (m^3) = \frac{Contenido\ de\ agua\ de\ mezclado\ (\frac{lt}{m^3})}{Peso\ especifico\ del\ agua\ (1000\ \frac{kg}{m^3})}$$

En el cuadro 8 se adquirirán valores dados del contenido de aire atrapado

Cuadro 8. Contenido de aire atrapado.

Tamaño máximo nominal de agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Fuente. Diseño de mezclas- Comité ACI 211, 2009.

Dentro de la proporción agua/cemento (a/c), el comité ACI 211, relata que el agua a emplear en una mezcla habiendo estimación efectiva de humedad del agregado, no impregna, por tanto, no contribuye agua el agregado. Se consigue realizando

según las siguientes razones o criterios, para así tomar el valor más pequeño conseguidos.

Primer criterio según el ACI 211 es por resistencia, en el cuadro 9 se observan valores de la relación o proporción de agua/cemento válido en concretos en firmeza incorporado con o sin aire.

Cuadro 9. Relación de agua/cemento por firmeza.

F' cr (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concretos con aire incorporado	Concretos sin aire incorporado
150	0.71	0.80
200	0.61	0.70
250	0.53	0.62
300	0.46	0.55
350	0.40	0.48
400	-	0.43
450	-	0.38

Fuente. Diseño de mezclas- Comité ACI 211, 2009.

Segundo criterio de acuerdo al RNE en su norma E060, es por durabilidad, si se desea conseguir concretos de menor absorción, o constará obediente en rutinas de enfriamiento y deshielo en etapa de sudor. Así pues, efectuará lo establecido indicado en el cuadro 10.



Cuadro 10. Máxima relación de agua/ cemento para concretos expuestos a condiciones especiales.

Condiciones de Exposición	Relación agua/cemento máximo
<b>Concreto de baja permeabilidad</b>	
a) agua dulce	0.5
b) agua de mar o agua salobres	0.45
c) acción de aguas cloacales	0.45
<b>Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición humedad</b>	
d) Sardineles, cunetas, secciones delgadas	0.45
e) otros elementos	0.5
<b>Protección contra la corrosión de concreto</b>	
f) acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.4
g) Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15mm	0.5

Fuente. Diseño de mezclas- Comité ACI 211, 2009.

Para el cálculo de cemento dado los datos deducidos como la relación agua-cemento escogida, el cantidad unitaria de agua por unidad de volumen del concreto y, se consigue la realizacion del calculo para el factor  $b/b_0$  cemento expresado por unidad cúbica de concreto, acudiendo la division del contenido de agua mezclado señalado en litros por metro cúbico, y la concordancia agua-cemento, para así conseguir la cantidad de kilos de cemento por metro cúbico de concreto a usar:

$$\text{contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (}\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\text{)}}{\text{relacion a/c (paraf'cr)}}$$

$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso especifico del cemento (}\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{)}}$$

Para la elección de agregado de acuerdo a la disensión del comité ACI 211 la cantidad de grava se consigue por medio del cuadro 11, donde indican diferentes valores dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino. Es decir, aprueba adquirir un coeficiente  $b/b_0$  dividiendo su peso seco del agregado grueso requerido por metro cúbico de

concreto y el peso seco y varillado de la grava expresado kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>)

Cuadro 11. Volumen del agregado grueso por volumen de concreto.

Tamaño máximo de agregado grueso		Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del agregado fino			
		Módulo de fineza del agregado fino			
mm	plg	2.4	2.6	2.8	3
9.50	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
12.70	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
25.40	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
37.50	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente. Diseño de mezclas- Comité ACI 211, 2009.

Para calcular el contenido de árido grueso se basará por el coeficiente  $b/b_0$ , esto proporcionará al concreto una posesión de Trabajabilidad apropiada en concretos habituales.

Ensayo de mezcla:

Para el ensayo en la mezcla de concreto primero se debe humedecer todas las herramientas a utilizar, además obtenido las proporciones adecuada de los materiales, se procede a encender la mezcladora, después ya encendida se procede a colocar el agua, los agregados (fino y grueso) y el cemento, después se asienta la base del cono en una zona plana, manteniendo firme con los pies el cono, luego se llena la mezcla de concreto al cono de habrams en tres partes, en total 1/3 de su volumen cada parte. Al llenar cada tercio con una varilla lisa se procede a chusear uniformemente unas 25 veces, penetrando en todo su espesor uno 25 mm, después llenado totalmente el cono, se enraza la parte superior del cono retirando el exceso de concreto, después se retira el cono en tiempo de 2 a 5 segundos, para después medir la consistencia del concreto (slump). Finalmente se procede a llenar en los

cilindros (probetas) en tres partes dando 25 golpes distribuidas en las tres partes con una varilla lisa para luego hacer el curado del concreto.

Resistencia a la compresión:

Después de concluir el tiempo de curado (días) se procede a adquirir su resistencia a la compresión, donde se emplea una carga axial sobre los especímenes (probetas en forma cilíndrica) de concreto a una prontitud de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/sg, hasta que llegue el corte (falla)

Para la mezcla de concreto incorporando caucho reciclado, será el mismo procedimiento mencionado, lo único que cambia es el reemplazo de diferentes porcentajes como: cinco por ciento (5%), diez por ciento (10%) y quince por ciento (15%) de caucho reciclado en el agregado fino.

Procesamientos de correlación de datos:

Indicando por medio de observación la utilización de herramientas (instrumentos), análisis de muestra y recaudación de recursos escritos como también electrónicos.

2.6. Métodos de análisis de datos:

Fue mediante el uso de tablas según NTP e ACI 211 y otros con el apoyo de software como: Microsoft Word y Microsoft Excel para presentar los resultados. En seguida se emigró al programa SPSS para la realización de prueba de normalidad, además un análisis de varianzas de un factor con el programa ANOVA para obtener cual es el porcentaje óptimo de caucho reciclado en el concreto y finalmente se llevó al programa Tukey es decir, si no cumple con la condición de prueba de normalidad en ANOVA.

2.7. Aspectos éticos:

La presente investigación está realizada con responsabilidad, bondad y humildad, además siguiendo lo indicado en las normativas presentes, sobre todo sin copia alguna. Todos los datos adquiridos en esta investigación son sinceros y veraces, empezando con las autorizaciones pertinentes en la propia institución.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis de los agregados

##### 3.1.1. Análisis granulométrico de agregado grueso y agregado fino.

Este ensayo realizado por medio de la NTP 400.012 y ASTM C-136 (Anexo 1), considerado 3000 gramos de agregado grueso y 500 gramos de agregado fino. Este estudio del árido grueso nos sirve en la obtención del tamaño nominal y el análisis fino nos sirve para la obtención el módulo de fineza.

Agregado Grueso:

Cuadro 12. Análisis granulométrico- agregado grueso.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Requisito de % que pasa	Contenido de humedad
3 plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		0.16 %
2 plg	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 ½ plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Módulo de finura
1 plg	25.400	30.33	0.46	0.46	99.54	95 – 100	
¾ plg	19.050	9.50	0.15	0.61	99.39		6.85
½ plg	12.700	3697.80	56.59	57.20	42.80	25 – 60	Tamaño máximo
3/8 plg	9.525	1813.30	27.75	84.95	15.05		
No4	4.178	975.00	14.92	99.88	0.12	0 – 10	1 plg
8	2.360	5.74	0.09	99.96	0.04	0 – 5	Tamaño nominal
PLATO		2.33	0.04	100.00	0.00		
Total		6534.00					½ plg – 12.70 mm

Fuente. Elaboración propia

En el cuadro 12 tomando lo estipulado de la NTP. 400.012 y la ASTM C-136 de agregados, se adquieren sus límites de las mallas tanto superiores e inferiores proporcionadas en la norma ASTM C- 33. El estudio alcanzó 7000 gramos de

agregado grueso, para conseguir el primer peso retenido en la malla llamado en si tamaño máximo nominal, consiguiendo con el tamiz de 1" reteniendo 0.46% con un peso retenido total de 30.33 gramos.

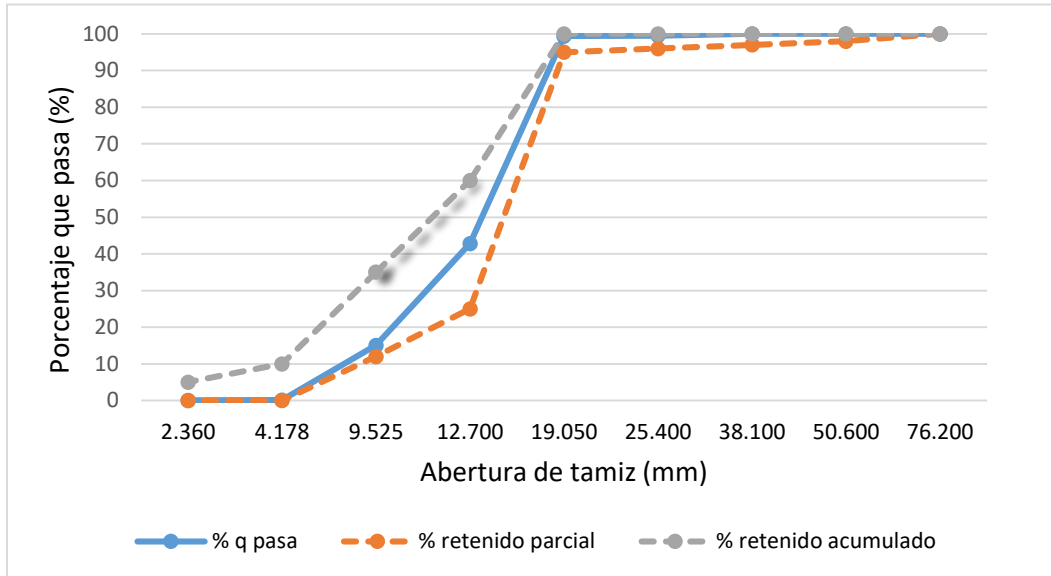


Figura 3. Agregado grueso – curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3, se logra observar que la grava adquirida de la cantera Espinoza, sus límites están dentro de los establecidos por la norma ASTM C-33.

Agregado fino:

Cuadro 13. Análisis granulométrico- agregado fino.

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>	<b>Requisito de % que pasa</b>	<b>Contenido de humedad</b>
3/8 plg	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	1.09 %
No4	4.178	30.05	3.76	3.76	96.24	95 - 100	
8	2.360	116.26	14.53	18.29	81.71	80 - 100	Módulo de finura
16	1.180	130.34	16.29	34.58	65.42	50 – 85	2.73
30	0.600	130.60	16.33	50.91	49.09	25 – 60	Tamaño máximo
50	0.300	160.50	20.06	70.97	29.03	10 – 30	No4
100	0.150	186.13	23.27	94.24	5.77	2 – 10	Tamaño máximo nominal
PLATO		46.12	5.77	100.00	0.00		
Total		800.00	100.00				8 – 2.360 mm

Fuente. Elaboración propia

En el cuadro 13, muestra su análisis granulométrico, donde se ensayó con 800 gramos de agregado fino, obteniendo de las mallas N° 4 (tamiz) y la malla N° 100 (tamiz) el módulo de fineza siguiendo lo que concierne la NTP. 400.012 y la ASTM C-136 de áridos, a la vez se obtuvo según la ASTM C33 los límites superiores e inferiores.

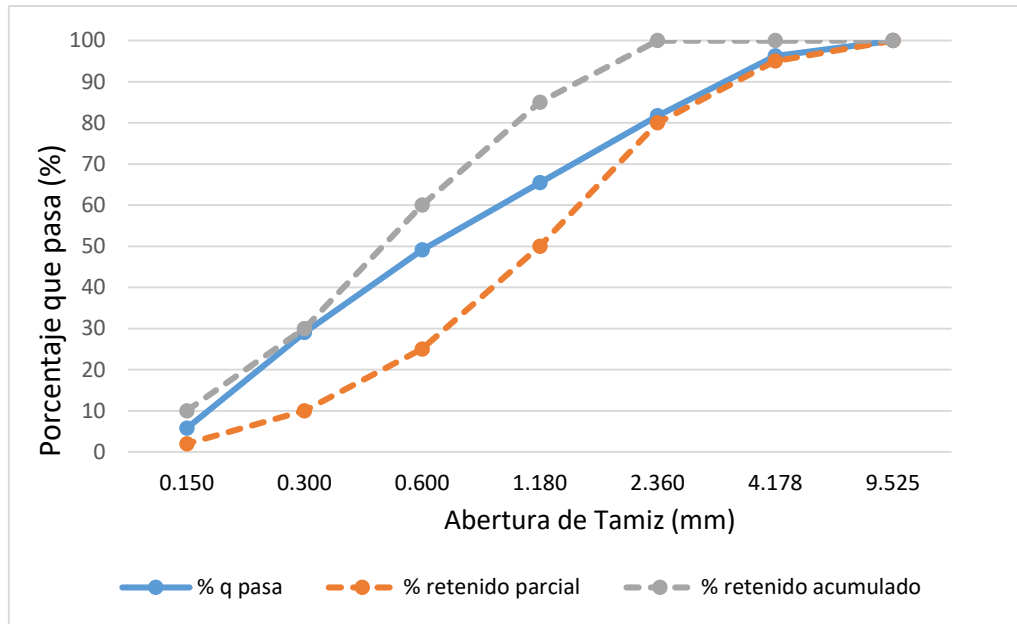


Figura 4. Curva granulométrica – agregado fino

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, observamos la curva granulométrica del agregado fino el cual cumple con lo establecido por el ASTM C33.

### 3.1.2. Contenido de humedad

Está relacionado claramente con la permeabilidad de partículas, determinado según lo estipulado NTP 339.185.2002 de agregados finos y gruesos.

Agregado Grueso:

El contenido de humedad se adquirió con la masa fresca del agregado o también conocido como la muestra húmeda en masa utilizando (1500 gramos) de muestra, así mismo es colocada en el horno por 24 horas para luego al siguiente día obtener el peso de la misma en seco. El contenido de humedad se deriva dividiendo la masa del agua y la masa seca del árido colocado en el horno. Para hallar el valor en porcentaje todo lo mencionado anteriormente será multiplicado por cien.

Cuadro 14. Contenido de humedad agregado grueso.

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso del tarro (g)	10.15	10.94	10.31
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	105.56	103.08	102.95
Peso del tarro + suelo seco (g)	105.43	102.91	102.80
Peso del suelo seco (g)	95.28	91.97	92.49
Peso del agua (g)	0.13	0.17	0.15
% de humedad (%)	0.14	0.18	0.16
% de humedad promedio (%)	0.16		

Fuente. Elaboración propia

En el cuadro 14, de acuerdo con la NTP 339.185.2002, la capacidad de humedad se realiza para ver el grado de humedad de las partículas, evitando dificultades al momento de hacer el diseño de mezclas, por ende, se observa que la capacidad de humedad es 0.61%.

Agregado Fino:

El contenido de humedad del árido fino, se consiguió con la masa fresca del agregado lo que se conoce como la masa húmeda de la muestra, utilizando (500 gramos) de muestra, así mismo, es colocada en el horno por 24 horas para luego al siguiente día obtener el peso de la misma en seco. El contenido de humedad se obtiene dividiendo la masa del agua y la masa seca del árido colocado en el horno. Para hallar el valor en porcentaje todo lo mencionado anteriormente será multiplicado por cien.



Cuadro 15. Contenido de humedad – agregado fino.

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso del tarro (g)	10.82	10.02	9.92
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	103.22	104.45	103.38
Peso del tarro + suelo seco (g)	102.25	103.43	102.35
Peso del suelo seco (g)	91.43	93.41	92.43
Peso del agua (g)	0.97	1.02	1.03
% de humedad (%)	1.06	1.09	1.11
% de humedad promedio (%)	1.09		

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 15, observamos que su capacidad de humedad es 1.09 %, eso quiere decir que comparado con el agregado grueso este contenido es más alto. Así mismo se basó según la norma NTP. 339.185.2002. el agregado tiene que ser analizado para no tener ningún inconveniente con el diseño de mezclas.

### 3.1.3. Peso específico y absorción

Peso específico y absorción del agregado fino:

Este ensayo tomó como requisito la norma ASTM C128 (Anexo 3), con el propósito de hallar el volumen abrumado por los agregados dentro de las mezclas y hallar los valores para obtener ese cambio de los poros entre partículas de agregados debido a la absorción de agua. En el cuadro 16 se muestran los resultados.

Cuadro 16. Peso específico y absorción del agregado fino.

Peso específico de peso promedio	2.62
Peso específico de peso saturada con superficie seca	2.66
Peso específico aparente promedio	2.74
Adsorción promedio	1.70

Fuente. Elaboración propia.

Peso específico y absorción del árido grueso:

Este ensayo tomó como requisito la norma ASTM C127 (Anexo 3), con la finalidad de ver el cambio de sufre por la abrumación del agregado y el agua absorbida por partículas en este caso los poros. En el cuadro 17 se muestran los resultados.

Cuadro 17. Peso específico y absorción del árido grueso.

Peso específico de masa promedio	2.63
Peso específico de masa saturada con superficie seca	2.64
Peso específico aparente promedio	2.67
Absorción promedio	0.65

Fuente. Elaboración propia.

#### 3.1.4. Peso unitario

Para este ensayo, nos basamos en la Norma Técnica Peruana (NTP. 400.017) y la ASTM C29, tanto para árido grueso y fino, (Anexo 3).

Agregado fino

Se muestran los resultados en el cuadro 18.

Cuadro 18. Peso unitario del árido fino

<b>Masa Unitario y Vacíos del Árido Fino</b> <b>Método compactado por apisonado</b>	
Masa Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.741</b>
Masa Unitario Seco Promedio (kg/cm <sup>3</sup> )	<b>1740.56</b>
% de vacíos	<b>33.50%</b>
<b>Masa Unitario y Vacíos del Árido Fino</b> <b>Método suelto</b>	
Masa Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.500</b>
Masa Unitario Seco Promedio (kg/cm <sup>3</sup> )	<b>1500.17</b>
% de vacíos	<b>42.68%</b>

Fuente. Elaboración propia.

En el cuadro 18, se percibe la masa unitaria compactado por apisonado, el cual es superior al suelto, por la sencilla razón que el compactado en su totalidad ocupa los vacíos y el suelto no.

Agregado grueso

Se muestran en el cuadro 18 los resultados.

Cuadro 19. Masa unitario y vacíos del árido grueso

<b>Masa Unitario y Vacíos del Agregado Grueso Método compactado por apisonado</b>	
Masa Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.578</b>
Masa Unitario Seco Promedio (kg/cm <sup>3</sup> )	<b>1578.46</b>
% de vacíos	<b>39.90%</b>
<b>Masa Unitario y Vacíos del Agregado Grueso Método suelto</b>	
Masa Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.433</b>
Masa Unitario Seco Promedio (kg/cm <sup>3</sup> )	<b>1433.17</b>
% de vacíos	<b>45.43%</b>

Fuente. Elaboración propia.

En el cuadro 19, se percibe que la masa unitaria compactado por apisonado es claramente superior al suelto, por la sencilla razón que el compactado en su totalidad ocupa los vacíos y el suelto no.

### 3.2. Diseño de mezclas por el método del comité ACI 211

Se determinó mediante lo establecido por el método ACI Comité 211, siguiendo los requisitos y condiciones para conseguir la firmeza a la presión. Además, el diseño de mezclas determina las proporciones adecuadas para los materiales a emplearse para realizar concreto. Para nuestro tema un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. La desviación estándar para dosificar mezclas se basa en experiencias en obras, pero debido al inconveniente del personal que prepara la mezcla, que, por la falta de experiencia, ponemos un componente agregando una suma de 84 kg/cm<sup>2</sup>, así pues, dando seguridad al diseño y sobre todo que cumpla lo establecido. Por ende,

tendremos una nueva firmeza  $f'c=294 \text{ kg/cm}^2$  lo que indica que hay un diseño de mezcla.

La elaboración del mezclado se ejecutó durante 90 – 110 segundos posteriormente que los materiales a emplear estén en el interior del tambor, a no ser que se demuestre si es satisfactorio en un tiempo menor tener uniformidad de mezclado, asumiendo lo especificado en ASTM C94M.

Cuadro 20. Cantidades de diseño de mezcla por metro cúbico.

Cantidades de diseño de mezcla por metro cúbico			
Cemento	Agua	Árido Grueso	Árido Fino
387.1	216	866.322	801.72
Cantidades de diseño corregido por humedad de los áridos			
Cemento	Agua	Árido Grueso	Árido Fino
387.1	225.135	867.708	810.459

Fuente. Elaboración propia.

En el cuadro 20, muestra por metro cúbico de mezcla cantidades de cada material a usar para el diseño, así pues, se ha juntado en 2 grupos, el primero conformado por las cantidades de diseño sin corregir (por humedad) y por último las cantidades corregidas de áridos por humedad; además que fue empleado para el cálculo de materiales.

### 3.2.1. Cálculo de cantidad de materiales

Las probetas elaboradas fueron de forma cilíndricas. Se construyeron cuatro grupos de testigos, 4 testigos por grupo. El cual, los resultados se aprecian en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Cálculo de material para 8 probetas por cada grupo.

Grupo	Cemento (kg)	Agreg. grueso (kg)	Agreg. fino (kg)	Agua (lts)	C. R. (kg)
G1	21.33	47.81	44.66	12.40	0.00
G2	21.33	47.81	42.43	12.40	2.23
G3	21.33	47.81	40.20	12.40	4.47
G4	21.33	47.81	37.96	12.40	6.70

Fuente. Elaboración propia.

En el cuadro 21, se muestra para cada grupo la cantidad de material, el cual está en base a un metro cúbico, para el contenido se multiplica todos los testigos de cada grupo a la vez, dando un 30% de sobrante (desperdicio) total.

### 3.3. Ensayo de Resistencia a la compresión

#### 3.3.1. Ensayos de concreto en estado fresco

##### Consistencia o asentamiento

El ensayo se desarrolló siguiendo la NTP 339.035.2009. Nos ayudó a determinar si el concreto está en óptimas condiciones para ser trabajable. En el (Cuadro 6) nos muestra diferentes tipos de asentamientos, en nuestro caso se obtuvo un Slump de 2 –3” (Cuadro 6) que es para losas y pavimentos, siendo un concreto trabajable para el diseño de mezclas. En el cuadro 22 se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 22. Consistencia máxima - concreto fresco

GRUPO	SLUMP (PLG)
G1	3
G2	2.6
G3	2.4
G4	2.1

Fuente. Elaboración propia

### 3.3.2. Curado del concreto.

Para el curado de cada testigo se tuvo en cuenta la NTP 339.033.2009. HORMIGON. Se realizó sumergiendo los testigos en una posa lleno de agua, es decir aplicando agua continua, en edades de curado a 14 y 28 días efectuando los requisitos de la norma ACI 308R.

### 3.3.3. Resistencia a la compresión

Se ejecutó a edades de 14 y 28 días. Para la realización de rotura de probetas, se utilizó lo mencionado en la NTP. 339.034.1999. “Método para determinar la presión en testigos de concreto en forma cilíndricas” a la vez utilizando norma ASTM C39 para obtener la presión de los especímenes. En el cuadro 22 para los 14 días se muestran los resultados de.

Cuadro 23. Resultados de ensayos a compresión para  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con 14 días de curado.

<b>Grupos</b>	<b>% de caucho reciclado</b>	<b>Resistencia especificada (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga de rotura (kg)</b>	<b>F'c (14) días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Promedio f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
G1	0%	210	32999.00	179.48	162.66
		210	32517.00	176.86	
		210	32569.00	177.15	
		210	32553.00	117.06	
G2	5%	210	35264.00	191.80	194.23
		210	35078.00	190.79	
		210	35590.00	201.40	
		210	35005.00	192.91	
G3	10%	210	21897.00	123.91	124.275
		210	22797.00	125.63	
		210	21894.00	123.89	
		210	21854.00	123.67	
G4	15%	210	16621.00	94.06	94.215
		210	16384.00	92.71	
		210	17979.00	96.52	
		210	16536.00	93.57	

Fuente. Elaboración propia.

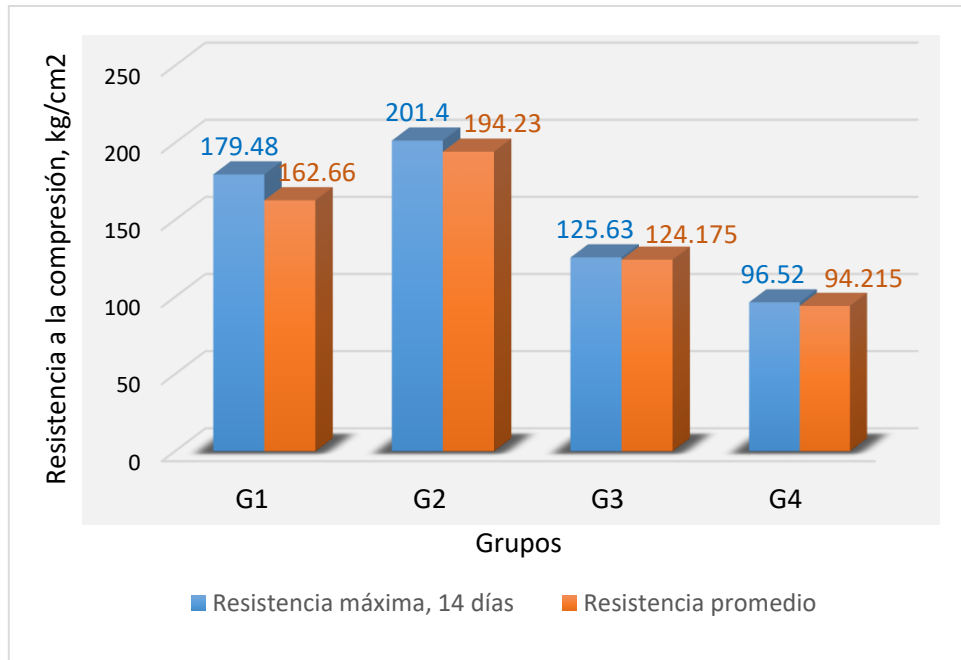


Figura 5. Máxima resistencia a la compresión a los 14 días de curado.

Fuente. Elaboración propia.

En la figura 5, se observa los resultados de la firmeza máxima y promedio a la presión en función del curado a 14 días, elaborado con lo establecido en la NTP 339.034, así pues, se observa que dentro de los cuatro grupos el grupo cuatro tiene una firmeza menor de  $f'_{cr} = 96.52 \text{ kg/cm}^2$  con un promedio de  $f'_{cr} = 94.215 \text{ kg/cm}^2$ . Según el gráfico, se consigue decir el grupo dos, que tiene 5% de caucho reciclado, alcanza una resistencia mayor de  $f'_{cr} = 201.4 \text{ kg/cm}^2$  con un promedio de  $f'_{cr} = 194.23 \text{ kg/cm}^2$  teniendo una variación de 9.37 %.



Los resultados para los 28 días, en el siguiente cuadro se muestran.

Cuadro 24. Resultados de ensayos a compresión para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con 28 días de curado.

Grupos	% de caucho reciclado	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	F'c (28) días (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
G1	0%	210	39669.00	215.76	212.24
		210	38561.00	211.11	
		210	38240.00	210.74	
		210	38347.00	211.33	
G2	5%	210	47449.00	268.51	269.13
		210	49517.00	269.33	
		210	47672.00	269.77	
		210	47518.00	268.90	
G3	10%	210	21897.00	152.50	152.04
		210	22797.00	152.89	
		210	21894.00	149.67	
		210	28517.00	153.10	
G4	15%	210	19525.00	110.49	108.66
		210	19603.00	110.93	
		210	19672.00	105.61	
		210	19018.00	107.62	

Fuente. Elaboración propia

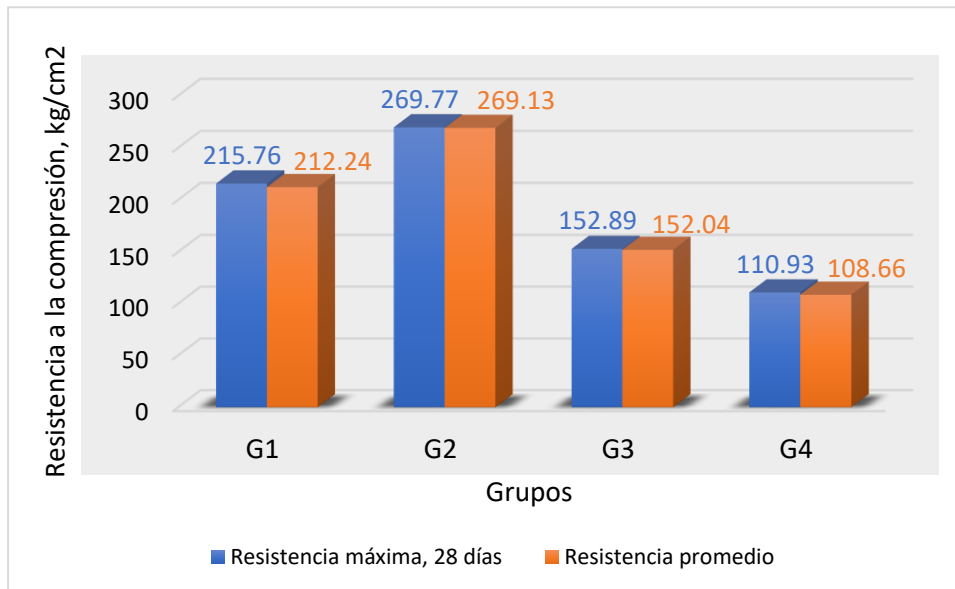


Figura 6. Máxima resistencia a la compresión a los 28 días de curado.

Fuente. Elaboración propia.

La figura 6, muestra la firmeza máxima y promedio a la presión en función de curado a 28 días, realizado de acuerdo a la NTP 339.034, la cual, en la figura, se

observa que en 5% de caucho reciclada, obtiene su máxima resistencia de  $f^{cr}=269.77 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo  $269.13 \text{ kg/cm}^2$  de promedio con una variación de 0.24 %.

Cuadro 25. Máxima firmeza a la presión en 14 y 28 días.

GRUPO	Kg/cm <sup>2</sup>	% de variación	Kg/cm <sup>2</sup>	% de variación
	14 días		28 días	
G1	179.48	14.53	215.76	2.67
G2	201.4	4.10	269.77	22.16
G3	125.63	40.18	152.89	27.20
G4	96.52	54.04	110.93	47.18

Fuente. Elaboración propia.

En el cuadro 25, vemos los efectos obtenidos del ensayo firmeza a la presión según días mencionados anteriormente (curado), conciliando con la NTP 339.034, alcanzando a 14 días con una variación 4.10%, así mismo alcanzando una máxima firmeza a la presión de  $201.40 \text{ kg/cm}^2$ , mientras a 28 días su máxima firmeza a la presión es  $269.77 \text{ kg/cm}^2$  dando una variación de 22.16% con relación al grupo control.

Cuadro 26. Prueba de normalidad de la resistencia.

Shapiro - Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
GRUPO CONTROL	0.766	4	0.54
G2 (5% C. R.)	0.764	4	0.962
G3 (10% C. R.)	0.991	4	0.52
G4 (15% C. R.)	0.905	4	0.455

Fuente. IBM SPSS Statistics 25.

En el cuadro 26, muestra la prueba de normalidad de su firmeza, logrando observar su nivel de significancia lo que supera el 0.05 ( $p > 0.05$ ), queriendo decir; cada grupo tienen un repartimiento normal, así pues, ya que tuvimos menos de 50 datos, se eligió el sig. De Shapiro-Wilk. En consecuencia, se puede aplicar el ANOVA de un solo factor (análisis estadístico comparativo de medias).

Cuadro 27. Análisis de la resistencia a la compresión por medidas representativas.

Descriptivos								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
G1	4	212.35	2.30	1.15	208.69	216.01	210.74	215.76
G2	4	269.13	0.54	0.27	268.26	269.99	268.51	269.77
G3	4	152.04	1.60	0.80	149.49	154.59	149.67	153.10
G4	4	108.66	2.51	1.25	104.67	112.65	105.61	110.93
Total		185.54	62.71	15.68	152.13	218.96	105.61	269.77

Fuente. IBM SPSS Statistics 25.

En el cuadro 27, se puede ver que hay un 95% de intervalo para la media en el análisis descriptivo. Para el G1 la media fue 212.35 kg/cm<sup>2</sup>, el grupo G2 tuvo 269.13 kg/cm<sup>2</sup>, el G3 fue 152.04 kg/cm<sup>2</sup> y el G4 tuvo 108.66 kg/cm<sup>2</sup>.

Cuadro 28. Análisis de varianza ANOVA de un factor.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	58951.65	3.00	19650.55	5441.85	0.00
Dentro de grupos	43.33	12.00	3.61		
Total	58994.98	15.00			

Fuente. IBM SPSS Statistics 25.

En el cuadro 28, muestra la comparación de un factor- ANOVA, obteniendo una significancia de 0.00, lo que es menor a 0.05, en otras palabras, si existe diferencias entre los grupos, pero son significativas.

Cuadro 29. Comparaciones múltiples entre las muestras.

Comparaciones múltiples			
HSD Tukey			
FACTOR		Diferencia de medias	Sig.
G1 (Grupo Control)	G2	-56,78000*	0.000
	G3	60,30750*	0.000
	G4	103,68500*	0.000
G2(Grupo Experimental 5% C.R.)	G1	56,78000*	0.000
	G3	117,08750*	0.000
	G4	160,46500*	0.000
G3(Grupo Experimental 10% C.R.)	G1	-60,30750*	0.000
	G2	-117,08750*	0.000
	G4	43,37750*	0.000
G4(Grupo Experimental 15% C.R.)	G1	-103,68500*	0.000
	G2	-160,46500*	0.000
	G3	-43,37750*	0.000

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente. IBM SPSS Statistics 25.

Como se observa en el cuadro 28 el grupo experimental de mejores resultados es el grupo2 (G2), pero entre los grupos experimentales el que tiene menor es el grupo4 (G4) y el que tiene mayor es el grupo 2 (G2).

#### IV. DISCUSIÓN

La prueba de asentamiento se basó bajo la NTP339.035 y la ASTM C143, lo que establece la consistencia de la mezcla en estado fresco. En el cuadro 21, se percibe el asentamiento mayor adquirido en el Grupo G1 (patrón 0%), de 3", por otro lado, el grupo G2 (5% C.R.) obtuvo un asentamiento de 2.6", posteriormente el grupo G3 (15% C.R.) tiene un asentamiento de 2.4", finalmente el grupo G4 (15% C.R.) tuvo un asentamiento menor de 2.1". comparando con otros resultados, se afirma que, cuando se agrega caucho reciclado existe la disminución del asentamiento del concreto.

Según Quezada y López (2019), se posee que el diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> tiene un asentamiento 3.6" (patrón), reduciéndose para los grupos experimentales con caucho reciclado en 2.90", 2.12" y 1.70" (disminuciones de 19%, 41% y hasta 53% de slump de diseño), así mismo, Cabanillas (2017), para un slump de 4" disminuyo en 1.4" con relación al patrón. Por otro lado, Suarez y Armando (2016), tuvieron como consecuencia que, al adicionar material reciclado de caucho, influye en su consistencia normal del concreto, reduciendo su fluidez de entre 3" a 2". Afirmando que la adición de caucho disminuye el asentamiento.

Para efectuar la ruptura de las probetas a diferentes edades, se empleó la NTP 339.034 "Método para determinar la presión en testigos de concreto en forma cilíndricas" a la vez utilizando norma ASTM C39 para obtener la presión de los especímenes". En el cuadro 24, nos muestra la firmeza a la presión, al adicionar el 5% de caucho reciclado, la firmeza a la presión máxima es un 22.16% respecto a patrón (grupo de control). Al respecto Ledezma y Yauri (2018), al adicionar un 25% de caucho en polvo para elaborar adoquines, la resistencia aumenta considerablemente en 10.1%, así también Albano, Camacho, Hernández y Bravo (2013), en 5% y 10% son porcentajes óptimos aumentando considerablemente su firmeza a la presión, así mismo Ramírez y Carolina (2016), el óptimo porcentaje fue 5%. Por otro lado, Suarez y Armando (2016), el porcentaje óptimo de material reciclable de caucho es 15%, aumentando una resistencia máxima de 15.48%

Por su parte, Quezada y López (2019), Farfán y Leonardo (2018) y Guzmán (2015), encontraron que con el 5% aumenta considerable, con resistencias máximas de  $f'_{cr} = 252.4 \text{ kg/cm}^2$ ,  $218.45 \text{ kg/cm}^2$ ,  $191.65 \text{ kg/cm}^2$  y  $215.01 \text{ kg/cm}^2$

Por otro lado, la figura 4, se menciona que mientras más porcentaje adicione al concreto la firmeza a la presión disminuirá. Sin embargo, la realización de ensayos tiene que seguir para tener una dosis adecuada, fragmentando lo dicho, se efectúa la hipótesis donde el caucho reciclado aumenta la firmeza a la presión considerablemente.

## V. CONCLUSIONES

1. Los agregados estuvieron establecidos según la norma, siendo para el peso específico del árido fino de 2.62 gr/m<sup>3</sup> y para el árido grueso con un peso específico de 2.63 gr/cm<sup>3</sup>, contenido de humedad fue de 0.16 % para el árido grueso y 1.09% para el árido fino, estos datos contribuyeron para corregir el agua neta a emplear, es decir lo que absorbe el agregado húmedo. El porcentaje de absorción es 1.70% para el árido fino y 0.65% de porcentaje de absorción para el árido grueso. La masa unitaria compactada es de 1740.56 kg/cm<sup>3</sup> para el árido fino y 1578.45 kg/cm<sup>3</sup> para el árido grueso. El módulo de fineza para el árido fino fue 6.85 con un tamaño nominal máximo de 1", para el árido grueso el módulo de fineza fue 2.73 con una dimensión No4. Todo ello se dio según cuadros dados por el método del comité ACI 211, para así ejecutar y obtener la firmeza a la presión mediante un diseño de mezclas.
2. El diseño de mezclas para una resistencia  $f'_{cr}= 210 \text{ kg/cm}^2$  contempla un 5% de porcentaje en sustitución al árido fino, dando proporción efectiva de materiales cemento (85.35 kg), árido grueso (191.33 kg), árido fino (178.71 kg) y agua (49.64 lts).
3. Se ejecutó la comparación entre (Grupo 1) un concreto convencional y un concreto con caucho reciclado (grupo 2, grupo 3 y grupo 4), obteniendo que, para el grupo 2 (5% C.R.) obtuvo su resistencia máxima a la presión con un valor de  $f'_{cr}= 269.77 \text{ kg/cm}^2$ , para el grupo 3 (10% C.R.) alcanzó un máximo resultado de  $f'_{cr}= 152.89 \text{ kg/cm}^2$ , el grupo 4 (15% C.R.) obtuvo una resistencia máxima de  $f'_{cr}=110.93 \text{ kg/cm}^2$  y en último lugar el grupo 1, pues es el grupo control (concreto convencional), donde alcanzó una firmeza máxima a la presión de  $f'_{cr}=215.76 \text{ kg/cm}^2$
4. El uso de caucho reciclado si mejora considerablemente su comportamiento mecánico a la firmeza a la presión del concreto siendo así, con un porcentaje optimó de 5%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar a profundo investigaciones sobre el caucho reciclado con respecto al efecto de flexión para ver cómo actúa el concreto frente a esfuerzos.
- Se recomienda ejecutar muchas investigaciones con diferentes porcentajes no mayores al 5% o quizás utilizar como aditivo (polvo de caucho reciclado) en el hormigón para ver su conducta mecánica. Ya que el caucho reciclado es un refuerzo principal para diseños de concreto estructural.
- Se recomienda aumentar más probetas con la finalidad de tener más datos estadísticos y obtener un mejor promedio.
- Finalmente, para futuras investigaciones se recomienda hacer diseños de mezclas en firmezas de 145 kg/cm<sup>2</sup> y 190 kg/cm<sup>2</sup>, ya que puede existir el suceso de alcanzar mayor resistencia a la obtenida en nuestra investigación.



## REFERENCIAS

ABANTO, Tomas. Tecnología del concreto.5. ed. San Marcos. Lima Perú. 2013.  
ISBN: 978-612-302-060-6

ABILIA, Conciencia sustentable (en línea). 2019. [fecha de consulta: julio de 2018]. Disponible en <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/>

AMERICAN Concrete Institute (ACI) 305R. Guide to external curing of concrete. 1° Edition. United States. 2009.

AMERICAN Concrete Institute (ACI) 308R. Guide to external curing of concrete. 1° Edition. United States. 2009.

AMERICAN Concrete Institute (ACI) 211-01. Diseño de mezcla de concreto Estructural. 1° Edition. United States. 2009.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM) C59. Standard specification for gypsum casting plaster and gypsum molding plaster. United States.2015

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM) C127. Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and water Absorption of Coarse Aggregate. United States.2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM) C128. Standard test method for relative density and absorption of fine aggregate. United States.2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM) C129. Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units. United States. 2014.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM) C136. Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregate. United States. 2014.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM) C39. Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. United States. 2018.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM) C33. Standard specification for concrete aggregates. United States. 2015.

ANIORTE, Javier. Recogidos más de 18.450 toneladas de neumáticos en la comunidad para reciclar [en línea]. Madrid. [fecha de consulta: 28 junio de 2017]. Disponible en: <https://www.europapress.es/madrid/noticia-recogidos-mas-18450-toneladas-neumaticos-comunidad-reciclar-20180628124657.html>

ALBANO C., Camacho N., Hernández M., Bravo A. (2013), Estudio de concreto elaborado con caucho reciclado de diferentes tamaños de partículas. Revista de la facultad de ingeniería, 23(1): 67-75.

BIOMASA, [en línea]. Sostenibilidad en el mundo sobre pavimentos. 2018. [fecha de consulta: 20 de julio de 2018]. Disponible en <http://www.biomasa.org.pl/warto-wiedziec/ciekawe-artykuly.html>

BARRA, Marilda, APONTE, Diego y VALLS, Susana. Impacto ambiental en el ámbito de los materiales de construcción [en línea]. 2005. [fecha de consulta: 20 de junio de 2018]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11662/31\\_impacto%20ambiental%20ojid%202011.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11662/31_impacto%20ambiental%20ojid%202011.pdf)

CABANILLAS, Emma. Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico con caucho reciclado (en línea). Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1029>

CARRILLO, Juan. Propiedades mecánicas del concreto (en línea). Tesis (Ingeniería Civil). Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003. Disponible en <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/582/html>  
ISSN 0718-5073

CARCAÑO, Solís. Serrano, Carlos. Influencia del tiempo de curado húmedo en la resistencia y durabilidad del concreto (en línea). Junio 2013. [Fecha de consulta: junio 2013]. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200730112013000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200730112013000100002)  
ISSN 2007-3011

CEBALLOS, Gema. Análisis del proceso de creación de carreteras a partir de caucho reciclado. [en línea]. 2016. [fecha de consulta: marzo de 2016]. Disponible en <https://es.slideshare.net/gafch/granulos-de-caucho>

CALO, Diego. Fallas pavimento rígido (en línea). Marzo 2012. [fecha de consulta: 9 de julio de 2016]. Disponible en <https://es.slideshare.net/RetilanoVasquez/fallas-pavimento-rigido>

CHAPOÑAN, José y QUISPE, Joel. Comportamiento del concreto en estado fresco (en línea). 2017. [fecha de consulta: julio de 2018]. Disponible en <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2724/42998.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ESTEVE, José y BOLAÑOS, Juan. Revista Reciclaje Verde [en línea]. Junio 2012. [fecha de consulta: 25 de agosto de 2019]. Disponible en <https://reciclajeverde.wordpress.com/2012/06/26/reciclaje-de-neumaticos-procesos-y-usos/>

FAJARDO, Luis. Carreteras Ecológicas (en línea). 2014. [Fecha de consulta: marzo de 2018]. Disponible en <http://revistamakinariapesada.com/carreteras-verdes-o-ecologicas/>

FARFÁN, Marlon y E, Leonardo. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante [en línea]. Lima: UCV, 2018 [fecha de consulta: 28 de febrero de 2018]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732018000300241#7](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000300241#7)

FEDERACIÓN Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER) (en línea). Disponible en <http://www.recuperacion.org/Comun/Inicio.aspx>

GARCIA, Luis. Artículo de caucho [en línea]. Junio 2016. [fecha de consulta: 25 de agosto de 2019]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Fiebre\\_del\\_Caucho](https://es.wikipedia.org/wiki/Fiebre_del_Caucho)

GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Libro. Colombia. 2013. I.S.B.N 958-9322-82-4

GUZMÁN, Yheyson. En la tesis “sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015.

GONZALEZ, Frank. Tecnología del hormigón [en línea]. Marzo 2015. [fecha de consulta: 17 de marzo]. Disponible en [https://issuu.com/fank2/docs/libro\\_b\\_\\_sico\\_sobre\\_tecnolog\\_\\_a\\_del](https://issuu.com/fank2/docs/libro_b__sico_sobre_tecnolog__a_del)

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea].6. ed. México, 2014. [fecha de consulta: 18 de junio de 2018]. Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologiadelainvestigacion5taEdicion.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologiadelainvestigacion5taEdicion.pdf)  
ISBN: 9786071502919

LEDEZMA, Felipe. YAURI, Wilder. Diseño de mezcla del concreto para elaboración de neumáticos en la provincia de Huancavelica (en línea). Tesis

(Ingeniería Civil). Huancavelica.2018. Disponible en <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1800>

MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones). Manual de ensayo de materiales, 2018.

NTP (Norma Técnica Peruana) 339.012: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, 2008.

NTP (Norma Técnica Peruana) 339.034: Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión y flexión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima, 2008.

NTP (Norma Técnica Peruana) 339.035: Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima, 2009.

NTP (Norma Técnica Peruana) 339.078: Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima, 2008.

NTP (Norma Técnica Peruana) 339.185: Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, 2002.

PELÁEZ, Gabriel. Velázquez, Sandra. Hernán, Diego. Aplicación de caucho reciclado: una revisión de la literatura. Artículo de opinión [en línea]. Agosto 2016. [Fecha de consulta: 14 de febrero 2017]. Disponible en <https://www.redalyc.org/jatsRepo/911/91150559002/index.html>

PÉREZ, Julián y GARDEY, Ana. The Economy Journal. (diciembre, 2012). Caucho Disponible en <https://www.theeconomyjournal.com/firmas/julianperezporto#>

PINEDA, Roberto. Fiebre del caucho. (diciembre, 2014). Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Fiebre\\_del\\_Caucho](https://es.wikipedia.org/wiki/Fiebre_del_Caucho)

QUEZADA, Juan. LÓPEZ, Antero. Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto F'c 210 kg/cm<sup>2</sup> utilizando cemento ico y la adición de diferentes porcentajes de fibra de caucho reciclado (en línea). Tesis (Ingeniería Civil), Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2019. Disponible en <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/4622>

QUIROZ, Mariela. SALAMANCA, Lucas. Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de tecnología del hormigón. Tesis. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. 2006.

REVISTA sltCaucho. Nanomateriales y la industria del caucho [en línea]. Buenos Aires, 2019 [fecha de consulta: febrero de 2018]. Disponible en <https://issuu.com/sltc/docs/revista-sltcaucho-feb-2019>  
ISSN 2618-4567

RIVVA, Enrique. Naturaleza y materiales del concreto, 2da Edición. Perú: Capítulo peruano American concrete institute, 2009.

SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5° Edición. Colombia.2011. ISBN: 9589247040

SECRETARÍA de medio ambiente y recursos naturales (en línea). México. 2006. [Fecha de consulta:30 de noviembre]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Secretar%C3%ADa\\_de\\_Medio\\_Ambiente\\_y\\_Recursos\\_Naturales](https://es.wikipedia.org/wiki/Secretar%C3%ADa_de_Medio_Ambiente_y_Recursos_Naturales)

SUÁREZ, Issel. Armando, Edgar. Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación (en línea). Tesis (Ingeniería Civil), Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2016. Disponible en

<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/1336/253T20160007.pdf?sequence=1>

VÁZQUEZ, Luis. Condiciones de pavimentos asfálticos y de concreto (en línea). Manizales, 2008[fecha de consulta: mayo de 2018]. Disponible en <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO 1

Diseño de mezclas

#### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Método del comité 211 - ACI

**PROYECTO:** Efecto de la incorporación de caucho reciclado en el comportamiento del concreto para un pavimento rígido

**AUTORES:** Abanto Rios, Cesar – Tantalean Monsalve, Euler

**UBICACIÓN:** Trujillo – Trujillo – La Libertad

**ASESOR:** Ing. Farfán Córdova, Marlon Gastón

**CANTERA:** Espinoza

#### DATOS GENERALES

Materiales: Arena y piedra de 1/2"

Tipo de cemento: Portland Tipo I. Peso Específico: 3.11 gr/cm<sup>3</sup> 42.5 kg/bls

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Uso: Losas y Pavimentos

Condiciones de exposición: aire incorporado

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS</b>	<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>
Humedad Natural - ASTM D-2216 (%)	1.09	0.16
Absorción - ASTM C-29 (%)	1.7	0.65
Peso específico de Masa (Gr/cm <sup>3</sup> )	2.62	2.63
Peso unitario Varillado - ASTM C-129 (Kg/m <sup>3</sup> )	1.741	1.578
Peso suelto Seco (Gr/cm <sup>3</sup> )	1.5	1.433
Módulo de fineza - ASTM C-125	2.81	
Tamaño máximo Nominal (Pulg)	1/2"	



### 1. Resistencia Promedio

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO	
f <sub>c</sub>	f <sub>cr</sub>
menos de 210	f <sub>c</sub> + 70
210 a 350	f <sub>c</sub> + 84
sobre 350	f <sub>c</sub> + 98

La resistencia promedio f<sub>cr</sub> = 294 kg/cm<sup>2</sup>

### 2. Selección del Tamaño Máximo Nominal

TMN = 1"

### 3. Selección de asentamiento

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y muros de subestructuras	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Lozas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo y masivo	2"	1"

Asentamiento: 1-3"

#### 4. Volumen unitario de agua

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	agua en lt/m <sup>3</sup> para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	220	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	--
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	--

Para un asentamiento: 1 a 3"

Agua: 216 lt/m<sup>3</sup>

#### 5. Contenido de aire atrapado

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

% de aire atrapado: 2.5 %

#### 6. Relación agua cemento

RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA		
F'cr (28días)	Relación agua-cemento diseño en peso	
	sin aire incorporado	con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	--
450	0.38	--

\*Para ser un concreto no expuesto a condiciones severas, se determinará la relación a/c por resistencia.

**\*Interpolamos.**

250	0.62
294	R a/c
300	0.55
a/c	0.56

**R a/c=0.56**

## 7. Contenido del cemento

$$\text{contenido de cemento} = \frac{\text{contenido de agua de mezclado (lt)}}{\text{relación } \frac{a}{c} \text{ (para } f'cr)}$$

$$\text{contenido de cemento} = \frac{216(\text{lt})}{0.56}$$

$$\text{contenido de cemento} = 387.097 \text{ kg}$$

## 8. Contenido de agregado grueso

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
Tamaño máximo nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de Volumen del concreto para diversos módulos de fineza			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.75	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Volumen de agua :	..... =			0.216 m3
Volumen de cemento :	387.097 /	3110	=	0.124 m3
Volumen sólido de Agreg. Grueso :	866.322 /	2630	=	0.329 m3
Volumen de aire :	..... =			0.025 m3
				0.694 m3

Cant. De Agr. Grueso: 866.322

### 9. Contenido de agregado fino

$$\text{volumen sólido de arena} = 1 - 0.694 \text{ m}^3$$

$$\text{volumen sólido de arena} = 0.306 \text{ m}^3$$

$$\text{peso de arena seca requerida} = 0.306 \text{ m}^3 * \left(\frac{2.62}{1000}\right)$$

$$\text{peso de arena seca requerida} = 801.72 \text{ kg}$$

### 10. Resumen de materiales por metro cúbico

Agua	=	216	litros
Cemento	=	387.097	kg
Agregado grueso	=	866.322	kg
Agregado fino	=	801.72	kg

VALORES DE DISEÑO POR METRO CÚBICO DE MEZCLA			
CEMENTO	AGUA	AGREG. FINO	AGREG. GRUESO
387.097	216	801.72	801.72

### 11. Resumen

Por tanda (32 probetas)

Agua efectiva	=	225.135	Litros	49.64	Litros
Cemento	=	387.097	kg	85.35	kg
Agregado grueso	=	867.708	kg	191.33	kg
Agregado fino	=	810.459	kg	178.71	kg

### 12. Dosificación en peso

1	:	2.09	:	2.24	/24.7 litros / saco
---	---	------	---	------	---------------------

Relación de a/c de diseño: 0.558

Relación de a/c efectiva: 0.582

### 13. Conversión de dosificación de peso a volumen

#### Cantidad de material por tanda

##### Agua efectiva:

$$\text{Agua efectiva} = \frac{225.135(\text{lt})}{9.11 \text{ saco}/\text{m}^3}$$

$$\text{Agua efectiva} = 24.71 \text{ lt/saco}$$

##### Cemento:

$$\text{cemento} = 42.5 \text{ kg/saco}$$

##### Agregado grueso húmedo:

$$\text{Agr. grueso} = \text{cemento} * \frac{\text{agr. grueso}}{\text{cemento}}$$

$$\text{Agr. grueso} = 42.5 * \frac{567.708}{387.097}$$

$$\text{Agr. grueso} = 95.2 \text{ kg/saco}$$

##### Agregado fino húmedo:

$$\text{Agr. fino} = \text{cemento} * \frac{\text{agr. fino}}{\text{cemento}}$$

$$\text{Agr. fino} = 42.5 * \frac{810.459}{387.097}$$

$$\text{Agr. fino} = 95.2 \text{ kg/saco}$$

### 14. Pesos unitarios sueltos húmedos del agregado

#### Agregado fino húmedo:

$$\text{Agr. fino húmedo} = \text{peso suelto seco} * 1000 * \left(1 + \frac{\text{humedad natural}}{100}\right)$$

$$\text{Agr. fino húmedo} = 1.5 * 1000 * \left(1 + \frac{1.09}{100}\right)$$

$$\text{Agr. fino húmedo} = 1516.35 \text{ kg/m}^3$$

**Agregado grueso húmedo:**

$$\text{Agr. grueso húmedo} = \text{peso suelto seco} * 1000 * \left(1 + \frac{\text{humedad natural}}{100}\right)$$

$$\text{Agr. grueso húmedo} = 1.433 * 1000 * \left(1 + \frac{0.16}{100}\right)$$

$$\text{Agr. grueso húmedo} = 1435.29 \text{ kg/m}^3$$

**15. Pesos por pie cúbico del agregado**

**Cemento:**

$$\text{cemento} = 42.5 \text{ kg/saco}$$

**Agregado fino húmedo:**

$$\text{Agr. fino húmedo} = \left(\frac{\text{Agr. fino húmedo}}{35.3}\right)$$

$$\text{Agr. fino húmedo} = \left(\frac{1516.35}{35.3}\right)$$

$$\text{Agr. fino húmedo} = 43.32 \text{ kg/pie}^3$$

**Agregado grueso húmedo:**

$$\text{Agr. grueso húmedo} = \left(\frac{\text{Agr. grueso húmedo}}{35.3}\right)$$

$$\text{Agr. grueso húmedo} = \left(\frac{1435.29}{35.3}\right)$$

$$\text{Agr. grueso húmedo} = 41.008 \text{ kg/pie}^3$$

**Dosificación en volumen**

$$\text{cemento} = 1$$

$$\text{Agr. fino húmedo} = \left(\frac{\text{Agr. fino en peso seco}}{\text{Agr. fino en peso de volumen}}\right)$$

$$\text{Agr. fino húmedo} = \left( \frac{88.825}{43.324} \right)$$

$$\text{Agr. fino húmedo} = 2.5$$

$$\text{Agr. grueso húmedo} = \left( \frac{\text{Agr. grueso en peso seco}}{\text{Agr. grueso en peso de volumen}} \right)$$

$$\text{Agr. grueso húmedo} = \left( \frac{95.2}{41.01} \right)$$

$$\text{Agr. grueso húmedo} = 2.32$$

<b>1</b>	<b>:</b>	<b>2.05</b>	<b>:</b>	<b>2.32</b>	<b>/24.7</b>	<b>litros / saco</b>
----------	----------	-------------	----------	-------------	--------------	----------------------

## ANEXO 2

### Panel topográfico



Visita a la cantera Espinoza, para extraer los agregados.

Fuente. Elaboración propia



Tamices para la granulometría de los agregados.

Fuente. Elaboración propia.





Granulometría de los agregados grueso, el cual se elaboró en el laboratorio de Moche de la Universidad César Vallejo.

Fuente. Elaboración propia.



Ensayo para encontrar los valores del contenido de humedad.

Fuente. Elaboración propia



Muestra sumergida para hallar el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso.

Fuente. Elaboración propia



Tarar el depósito para poder pesar los materiales, también el caucho reciclado.

Fuente. Elaboración propia



Peso de Adición de caucho reciclado.

Fuente. Elaboración propia



Pesos de caucho reciclado en porcentajes de 5%, 10% y 15%.

Fuente. Elaboración propia



Peso del agregado fino obtenido de la cantera Espinoza para elaborar concreto.

Fuente. Elaboración propia



Peso del agregado grueso obtenido de la cantera Espinoza.

Fuente. Elaboración propia





Peso del agua para la elaboración del concreto.

Fuente. Elaboración propia



Cemento, agua, agregado grueso, agregado fino y caucho reciclado.

Fuente. Elaboración propia



Aplicación de los materiales para la elaboración de concreto.

Fuente. Elaboración propia



Mezcla de concreto elaborado en el laboratorio de Moche de la Universidad César Vallejo.

Fuente. Elaboración propia



Ensayo del cono de Abrams para determinar el asentamiento del concreto.

Fuente. Elaboración propia



Obtención del Asentamiento del concreto.

Fuente. Elaboración propia



Elaboración de las probetas cilíndricas.

Fuente. Elaboración propia



Probetas cilíndricas.

Fuente. Elaboración propia





Desencofrado de probetas.

Fuente. Elaboración propia



Curado de probetas por edades de 14 y 28 días.

Fuente. Elaboración propia



Probetas

después de la etapa de curado.

Fuente. Elaboración propia



Obtención de datos de ruptura de probetas en edades de 14 y 28 días.

Fuente. Elaboración propia



Ruptura de probetas sin caucho reciclado.

Fuente. Elaboración propia



Ruptura de probetas con adición de caucho reciclado.

Fuente. Elaboración propia



Ruptura de probetas con 5% de adición de caucho reciclado.

Fuente. Elaboración propia



Ruptura de probetas con 10% de adición de caucho reciclado.

Fuente. Elaboración propia



Ruptura de probetas con 15% de adición de caucho reciclado.

Fuente. Elaboración propia



## Validez de resultados



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS  
ASTM C 136**

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO

**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A'G' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

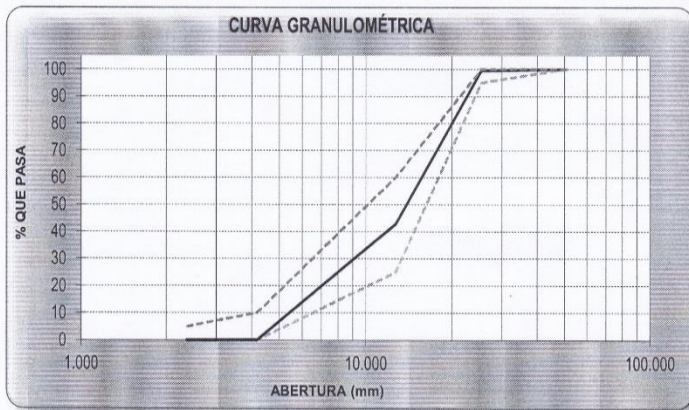
**DATOS DEL ENSAYO**

Peso total de la muestra tamizada : 6534.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 6531.67

Peso de muestra en el plato : 2.33

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3 plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		0.19%
2 plg	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 1/2 plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Módulo de Finura
1 plg	25.400	30.33	0.46	0.46	99.54	95 - 100	
3/4 plg	19.000	9.50	0.15	0.61	99.39		6.85
1/2 plg	12.700	3697.80	56.59	57.20	42.80	25 - 60	Tamaño Máximo
3/8 plg	9.525	1813.30	27.75	84.95	15.05		
No4	4.178	975.00	14.92	99.88	0.12	0 - 10	1 plg
8	2.360	5.74	0.09	99.96	0.04	0 - 5	Tamaño Máximo Nominal
PLATO		2.33	0.04	100.00	0.00		
Total		6534.00	100.00				1/2 plg = 12.70 mm



**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS  
ASTM C 136

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDARA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A'F' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

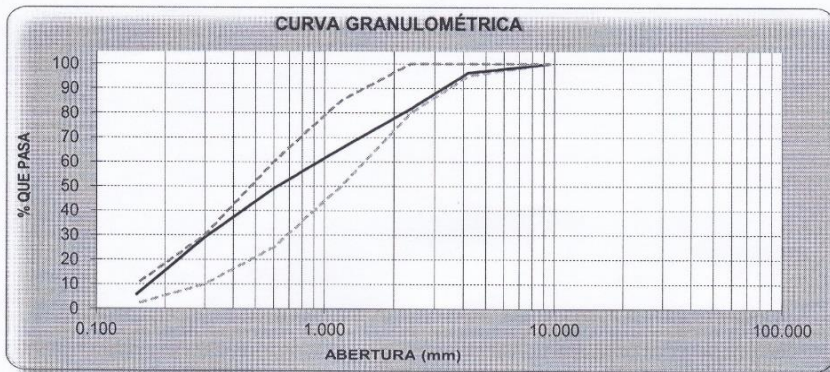
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 800.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 753.88

Peso de muestra en el plato : 46.12

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	1.09%
No4	4.178	30.05	3.76	3.76	96.24	95 - 100	Módulo de Finura
8	2.360	118.26	14.53	18.29	81.71	80 - 100	2.73
16	1.180	130.34	16.29	34.58	65.42	50 - 85	Tamaño Máximo
30	0.600	130.60	16.33	50.91	49.09	25 - 60	No4
50	0.300	160.50	20.06	70.97	29.03	10 - 30	Tamaño Máximo Nominal
100	0.150	188.13	23.27	94.24	5.77	2 - 10	
PLATO		46.12	5.77	100.00	0.00		
Total		800.00	100.00				8 = 2.380 mm



MPUS TRUJILLO  
Caro 1770.  
(044) 485 000. Anx.: 7000.  
(044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO  
MTC E 215**

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO

**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019 -

**MUESTRA** : C-X / A'G' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)


**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	10.15	10.94	10.31
Peso del tarro + suelo humedo (g)	105.56	103.08	102.95
Peso del tarro + suelo seco (g)	105.43	102.91	102.80
Peso del suelo seco (g)	95.28	91.97	92.49
Peso del agua (g)	0.13	0.17	0.15
% de humedad (%)	0.14	0.18	0.16
% de humedad promedio (%)	<b>0.16</b>		

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



  
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO  
MTC E 215

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RÍGIDO  
**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019  
**MUESTRA** : C-X / A/F\* / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	10.82	10.02	9.92
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	103.22	104.45	103.38
Peso del tarro + suelo seco (g)	102.25	103.43	102.35
Peso del suelo seco (g)	91.43	93.41	92.43
Peso del agua (g)	0.97	1.02	1.03
% de humedad (%)	1.06	1.09	1.11
% de humedad promedio (%)	1.09		

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS  
ASTM C 128

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A1F / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A <sup>o</sup> F <sup>o</sup>	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	491.70	491.60
B= Peso de la fiola afroada llena de agua (g)	674.30	642.10
C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	986.50	954.20
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso específico de masa (P <sub>em</sub> )	2.62	2.62
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P <sub>eSSS</sub> )	2.66	2.66
Peso específico aparente (P <sub>ea</sub> )	2.74	2.74
Absorción (%)	1.69	1.71
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (P <sub>em</sub> )	2.62	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (P <sub>eSSS</sub> )	2.66	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (P <sub>ea</sub> )	2.74	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	1.70	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO

**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019 -

**MUESTRA** : C-X / A'F' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm <sup>3</sup> )	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	10128.00	10183.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	5240.00	5295.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.732	1.750
Contenido de Humedad (%)	1.09%	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.731	1.750
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	1.741	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	1740.56	
% de Vacíos	33.50%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019  
**MUESTRA** : C-X / A" / CANTERA / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método Suelto

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm3)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9460.00	9396.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	4572.00	4508.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.511	1.490
Contenido de Humedad (%)	1.09%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.511	1.490
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	1.500	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	1500.17	
% de Vacíos	42.68%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS  
ASTM C 127

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO

**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A'G' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	2551.40	3105.70
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2568.50	3125.50
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1597.20	1942.80
Peso específico de masa (Pem)	2.63	2.63
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.64	2.64
Peso específico aparente (Pea)	2.67	2.67
Absorción (%)	0.67	0.64
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.63	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS)	2.64	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.67	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	0.65	

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS**  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO

**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A"G" / CANTERA / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO**

Método suelto

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm3)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	23328.00	23402.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	14745.00	14819.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.430	1.437
Contenido de Humedad (%)	0.16%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.430	1.437
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	<b>1.433</b>	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	<b>1433.17</b>	
% de Vacíos	<b>45.43%</b>	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Instituto de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
**SOLICITANTE** : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019  
**MUESTRA** : C.X / A'G' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm <sup>3</sup> )	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	24763.00	24964.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	16180.00	16381.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.569	1.588
Contenido de Humedad (%)	0.16%	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.569	1.588
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	1.578	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	1578.46	
% de Vacíos	39.90%	

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
 SOLICITANTE : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 04 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	72750.26	32999.00	183.85	179.48	85.47
02	PAVIMENTO RÍGIDO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	71687.63	32517.00	183.85	176.86	84.22
03	PAVIMENTO RÍGIDO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	71802.27	32569.00	183.85	177.15	84.36
04	PAVIMENTO RÍGIDO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	71766.99	32553.00	183.85	177.06	84.31
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
	7	70
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
SOLICITANTE : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
TESTIGOS : 04 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Nº de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	87455.07	39669.00	183.85	215.76	102.74
02	PAVIMENTO RÍGIDO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	85012.35	38561.00	182.65	211.11	100.53
03	PAVIMENTO RÍGIDO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	84304.67	38240.00	181.46	210.74	100.35
04	PAVIMENTO RÍGIDO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	84540.56	38347.00	181.46	211.33	100.63
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
 SOLICITANTE : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 04 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 5% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	77743.72	35264.00	183.85	191.80	91.34
02	PAVIMENTO RÍGIDO 5% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	77333.66	35078.00	183.85	190.79	90.85
03	PAVIMENTO RÍGIDO 5% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	78462.43	35590.00	176.72	201.40	95.90
04	PAVIMENTO RÍGIDO 5% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	77172.72	35005.00	181.46	192.91	91.86
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
 SOLICITANTE : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 04 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 5% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	104607.01	47449.00	176.72	268.51	127.86
02	PAVIMENTO RÍGIDO 5% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	109166.17	49517.00	183.85	269.33	128.25
03	PAVIMENTO RÍGIDO 5% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	105098.64	47672.00	176.72	269.77	128.46
04	PAVIMENTO RÍGIDO 5% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	104759.13	47518.00	176.72	268.90	128.05
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39**

**OBRA :** EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
**SOLICITANTE :** ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
**UBICACIÓN :** TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**TESTIGOS :** 04 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
**RESPONSABLE LAB. :** ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**FECHA :** NOVIEMBRE DEL 2019

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 10% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	48274.56	21697.00	176.72	123.91	59.01
02	PAVIMENTO RÍGIDO 10% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	50258.72	22797.00	181.46	125.63	59.82
03	PAVIMENTO RÍGIDO 10% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	48267.95	21894.00	176.72	123.89	59.00
04	PAVIMENTO RÍGIDO 10% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	48179.77	21854.00	176.72	123.67	58.89
<b>OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS</b>		EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE								

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

### CERTIFICADO DE ROTURA ASTM C39

OBRA : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
 SOLICITANTE : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 04 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

#### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 10% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	61006.24	27672.00	181.46	152.50	72.62
02	PAVIMENTO RÍGIDO 10% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	59564.42	27018.00	176.72	152.89	72.80
03	PAVIMENTO RÍGIDO 10% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	58309.99	26449.00	176.72	149.67	71.27
04	PAVIMENTO RÍGIDO 10% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	62869.15	28517.00	186.27	153.10	72.90
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
 SOLICITANTE : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEÁN MONSALVE, EULER  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 04 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Nº de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 15% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	36642.99	16621.00	176.72	94.06	44.79
02	PAVIMENTO RÍGIDO 15% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	36120.49	16384.00	176.72	92.71	44.15
03	PAVIMENTO RÍGIDO 15% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	39636.86	17979.00	186.27	96.52	45.96
04	PAVIMENTO RÍGIDO 15% CAUCHO RECICLADO	210	21/10/2019	04/11/2019	14	36455.60	16536.00	176.72	93.57	44.56

OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS

EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RIGIDO  
SOLICITANTE : ABANTO RÍOS, CÉSAR - TANTALEAN MONSALVE, EULER  
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
TESTIGOS : 04 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 15% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	43045.21	19525.00	176.72	110.49	52.61
02	PAVIMENTO RÍGIDO 15% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	43217.17	19603.00	176.72	110.93	52.82
03	PAVIMENTO RÍGIDO 15% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	43369.26	19672.00	186.27	105.61	50.29
04	PAVIMENTO RÍGIDO 15% CAUCHO RECICLADO	210	22/10/2019	19/11/2019	28	41927.46	19018.00	176.72	107.82	51.25
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe





# METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 124 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	190007	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>	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	
<b>3. Dirección</b>	Av. Larco N° 1770 Urb. San Andres 5ta Etapa, Victor Larco Herrera - Trujillo - LA LIBERTAD	
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA DE CONCRETO</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.  METROLOGÍA & TÉCNICAS 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.  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.
Capacidad	1100 kN	
Marca	FORNEY	
Modelo	F-1100 KNB-CPILOT	
Número de Serie	15122	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	D01-008963 (*)	
Indicación	DIGITAL	
Marca	FORNEY	
Modelo	TA-1252	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	1 kN	
<b>Ubicación</b>	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2019-03-27	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-03-30

JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 124 - 2019***Área de Metrología*  
*Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

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

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Av. Larco N° 1770 Urb. San Andres 5ta Etapa, Víctor Larco Herrera - Trujillo - LA LIBERTAD

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	23,7 °C	23,7 °C
Humedad Relativa	66 % HR	66 % HR

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-030-19A

**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.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido en el equipo.





Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 124 - 2019

Página 3 de 3

#### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				
	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_4$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	10000	9972,1	9982,3	9972,1	9975,5
20	20000	19928,0	19948,3	19948,3	19941,6
30	30000	29946,0	29956,2	29946,0	29949,4
40	40000	39934,6	39944,7	39934,6	39938,0
50	50000	49964,9	49995,5	49964,9	49975,1
60	60000	59965,8	59965,8	59955,7	59962,5
70	70000	69916,9	69947,5	69927,1	69930,5
80	80000	79899,6	79940,4	79930,2	79923,4
90	90000	89934,3	89954,7	89914,0	89934,3
100	100000	99827,5	99868,2	99837,7	99844,5
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo $F_1$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa s (%)	
10000	0,25	0,10	---	0,01	0,21
20000	0,29	0,10	---	0,01	0,21
30000	0,17	0,03	---	0,00	0,21
40000	0,16	0,03	---	0,00	0,21
50000	0,05	0,06	---	0,00	0,21
60000	0,06	0,02	---	0,00	0,21
70000	0,10	0,04	---	0,00	0,21
80000	0,10	0,05	---	0,00	0,21
90000	0,07	0,05	---	0,00	0,21
100000	0,16	0,04	---	0,00	0,21

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $\epsilon_0$ ) 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.





**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 686 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04  
Versión 03

**Cemento Portland Tipo I**

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA

**Resistencia Compresión :**

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

**Tiempo de Fraguado Vicat :**

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.  
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.  
(\*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

### CERTIFICADO DE CONFORMIDAD N° CN-0010-2016

- I. DATOS DEL SOLICITANTE** :
- Nombre : NORT SUL S.R.L.  
Dirección : Av. Caquetá Nro. 1300 Int. 162 (Asoc. Com. Mercado Virrey Amat) Lima - Lima - Rimac.
- II. DATOS DEL SERVICIO** :
- N° de solicitud de servicios : SN-0017-2016  
Fecha de solicitud de servicios : 2016/01/19  
Servicio solicitado : Certificado de Conformidad  
Tipo de análisis : Físico Químico
- III. NOMBRE DEL PRODUCTO** : GRÁNULO DE CAUCHO
- IV. ESQUEMA DE CERTIFICACIÓN** : Esquema 1 a
- V. DOCUMENTO NORMATIVO** : FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE
- VI. DATOS DE LA MUESTRA** :
- Identificación/Mtra : (Según Informe de Ensayos LMCTL N° 000601 -2016)  
Color: Negro  
Cantidad recibida : 1911,7 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
Forma de presentación : Envasado, la muestra ingresa en bolsa sellada.
- VII. LABORATORIO UTILIZADO** : La Molina Calidad Total Laboratorios - UNALM
- VIII. RESULTADOS** :
- De acuerdo al Informe de Ensayos LMCTL N°000601-2016 que obra en los archivos, los resultados son:

**1. DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS:**

ENSAYOS	RESULTADOS	REQUISITOS	EVALUACIÓN
1. Granulometría (%)			
• Malla 10 (2,00 mm)	78,33	60 - 80	Conforme
• Malla 12 (1,68 mm)	17,81	10 - 20	Conforme
• Malla 14 (1,41 mm)	3,24	0 - 10	Conforme
• Malla 16 (1,19 mm)	0,54	0 - 10	Conforme
• Pan de fondo	0,08	--	--
2. Resistencia al calor (°C)	185 - 190	Máx. 190	Conforme
3. Plomo (Partes por millón)	14,448	Máx. 50	Conforme
4. Cromo (Partes por millón)	1,256	Máx. 90	Conforme
5. Cadmio (Partes por millón)	0,189	Máx. 10	Conforme

Certificado N° CN-0010-2016 (Pág. 1 de 2)



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal





## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### 1.1 MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1. Método interno
2. Método interno
3. Espectrofotometría de Absorción Atómica
4. Espectrofotometría de Absorción Atómica
5. Espectrofotometría de Absorción Atómica


### IX. CONCLUSIONES

La muestra analizada de **GRÁNULO DE CAUCHO**, CUMPLE con los requisitos especificados en el Documento Normativo.

- El presente Certificado se refiere únicamente a la muestra analizada.
- Cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente Certificado, lo anula automáticamente.
- Las enmiendas al presente Certificado no efectuadas por el Instituto, constituyen un delito contra la fe pública y el infractor es sujeto de sanciones civiles y penales reguladas por dispositivos legales vigentes.
- Está prohibida la reproducción parcial del presente Certificado. El uso de la reproducción parcial también constituye un delito contra la fe pública.
- El presente Certificado es válido por 90 días calendario, contados a partir de la fecha de su emisión.
- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de acreditación otorgada por INACAL-DA.
- El presente Certificado el logotipo y nombre del Instituto no pueden ser utilizados para fines publicitarios, salvo previa autorización escrita del Director de Certificación de LMCTL-UNALM.

La Molina, 05 de febrero del 2016

Universidad Nacional Agraria La Molina  
Instituto La Molina Calidad Total Laboratorios

  
Dra. M. Alejandra Sotelo Méndez  
Directora de Certificación  
EIP N° 117204

Certificado N° CN-0010-2016 (Pág. 2 de 2)



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal