



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de caucho reciclado, Pasco 2021.

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

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Huanuco Hidalgo, Dans Levy ([orcid.org/0000-0003-3490-7308](https://orcid.org/0000-0003-3490-7308))

**ASESOR:**

Mg. Villegas Martinez, Carlos Alberto ([orcid.org/0000-0002-4926-8556](https://orcid.org/0000-0002-4926-8556))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

A mis padres

Permíteme demostrar mi proyecto de investigación meramente a Dan Yon Huánuco Tumialan, Emilia Hidalgo Justiniano, de su soporte, sabiduría y accesibilidad a lograr mi esperada formación profesional.

A mis hermanos

Yonathan Misari Hidalgo, Raft Dan Huánuco Fumanga y Lisbeth Misari Hidalgo, por su apoyo, motivación y elogiar cada peldaño corregido en el paso de mi formación profesional como ingeniero civil y demás.

## **Agradecimiento**

Estoy sumamente agradecido con el apoyo de mis padres por guiarme en el camino de la formación profesional como ingeniero civil, por brindarme fe y aliento en el seguir adelante, triunfar en la vida en los peldaños de la vida escalados, agradecer a mis hermanos por su apoyo motivacional e incondicional para tropezar fuerte y mantener en pie para mi éxito profesional.

## Índice de Contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de gráficos y figuras .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>32</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	32
3.2. Variables y operacionalización .....	32
3.3. Población, muestra y muestreo .....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	35
3.5. Procedimientos .....	37
3.6. Método de análisis de datos .....	47
3.7. Aspectos éticos .....	47
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>72</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>VII.RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
REFERENCIAS .....	76
ANEXOS .....	82

## Índice de Tablas

Tabla N° 1: <i>Clasificación de trabajabilidad por el método slump</i>	21
Tabla N° 2: <i>Ensayo a compresión</i>	34
Tabla N° 3: <i>Ensayo Flexión</i>	34
Tabla N° 4: <i>Ensayo a tracción diametral</i>	35
Tabla N° 5: <i>Dosificación del concreto patrón</i>	40
Tabla N° 6: <i>Dosificación del concreto referenciado</i>	40
Tabla N° 7: <i>Contenido de humedad del agregado</i>	48
Tabla N° 8: <i>Análisis granulométrico del agregado grueso</i>	48
Tabla N° 9: <i>Peso Unitario suelto y compactado del agregado grueso</i>	50
Tabla N° 10: <i>Gravedad específica y absorción de agregado grueso</i>	50
Tabla N° 11: <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	51
Tabla N° 12: <i>Peso Unitario suelto y compactado del agregado fino</i>	52
Tabla N° 13: <i>Gravedad específica y absorción de agregado fino</i>	53
Tabla N° 14: <i>Análisis granulométrico del caucho</i>	53
Tabla N°15: <i>Diseño de Mezcla del Concreto Patrón</i>	55
Tabla N° 16: <i>Diseño de mezcla con adición de caucho de 3%</i>	57
Tabla N° 17: <i>Diseño con adición de Caucho de 7%</i>	59
Tabla N° 18: <i>Diseño con adición de Caucho de 10%</i>	61
Tabla N°19: <i>Variación de Slump</i>	64
Tabla N°20: <i>Resistencia a la compresión a los 7 días de curado</i>	64
Tabla N° 21: <i>Resistencia a la compresión a los 14 días de curado</i>	65
Tabla N° 22: <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de curado</i>	66
Tabla N° 23: <i>Máxima resistencia en curados de 7, 14 y 28 días</i>	66
Tabla N° 24: <i>Resistencia a la tracción diametral en curados de 7 días</i>	67
Tabla N° 25: <i>Resistencia a la tracción diametral en curados de 14 días</i>	68
Tabla N° 26: <i>Resistencia a la tracción diametral en curados de 14 días</i>	68
Tabla N° 27: <i>Máxima resistencia en tracción en curado de 7, 14 y 28 días</i>	69
Tabla N° 28: <i>Resistencia a la flexión a los 21 días de curado</i>	70

## Índice de Gráficos y Figuras

<i>Figura N° 1. Esquema de la ubicación del agua en la pasta de cemento hidratado</i>	23
<i>Figura N° 2. Raíz del árbol de caucho</i>	26
<i>Figura N° 3. Caucho desechado alrededor de la planta de residuos sólidos</i>	27
<i>Figura N° 4. Trituración del neumático</i>	28
<i>Figura N° 5. Llantas en desuso</i>	37
<i>Figura N° 6. Almacenamiento y triturado de caucho reciclado</i>	38
<i>Figura N° 7. Distinción y elección de tamaños</i>	38
<i>Figura N° 8. Saturación en peso de costalillos por agregados</i>	39
<i>Figura N° 9. Tamizaje manual del hormigón</i>	39
<i>Figura N° 10. Ensayo de Agregados</i>	40
<i>Figura N° 11. Mezcla de concreto Patrón</i>	41
<i>Figura N° 12. Vaciado concreto patrón</i>	42
<i>Figura N° 13. Mezcla de Concreto 3%, 7% y 10% de caucho</i>	43
<i>Figura N° 14. Ensayo de Slump de 3%, 7% y 10 % de caucho</i>	43
<i>Figura N° 15. Vaciado de concreto con 3%, 7% y 10 % de caucho</i>	44
<i>Figura N° 16. Curado del concreto patrón para el diseño de mezcla</i>	44
<i>Figura N°17. Ensayo a compresión de probetas cilíndricas</i>	45
<i>Figura N° 18. Ensayo a tracción diametral de probetas cilíndricas de concreto patrón, 3%, 7% y 10% de caucho</i>	46
<i>Figura N° 19. Ensayo a flexión de vigas de concreto patrón, 3%, 7% y 10% de caucho</i>	46
<i>Gráfico N° 1. Curva granulométrica del agregado grueso</i>	49
<i>Gráfico N° 2. Curva granulométrica del agregado fino</i>	52
<i>Gráfico N°3. Curva Granulométrica del caucho</i>	54
<i>Gráfico N° 4. Especificación para 9 probetas cilíndricas (10x20 cm) + 2 vigas (15x15x50 cm) de mezcla patrón</i>	57
<i>Gráfico N° 5. Especificación para 9 probetas cilíndricas (15x30 cm) de mezcla patrón</i>	57
<i>Gráfico N° 6. Especificación para 9 probetas cilíndricas (10x20 cm)</i>	59

+ 2 vigas (15x15x50 cm) de 3% CR	
Gráfico N° 7. Especificación para 9 probetas cilíndricas (15x30 cm) de 3%CR	59
Gráfico N° 8. Especificación para 9 probetas cilíndricas (10x20 cm) + 2 vigas (15x15x50 cm) de 7%CR	61
Gráfico N° 9. Especificación para 9 probetas cilíndricas (15x30 cm) de 7%CR	61
Gráfico N° 10. Especificación para 9 probetas cilíndricas (10x20 cm) + 2 vigas (15x15x50 cm) de 10%CR	63
Gráfico N° 11. Especificación para 9 probetas cilíndricas (15x30 cm) de 10%CR	63
Gráfico N° 12. Asentamiento y trabajabilidad de las mezclas de estudio	64
Gráfico N°13. Máxima resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de curado de las mezclas patrón, 3%CR, 7%CR y 10%CR	67
Gráfico N°14. Máxima resistencia a tracción a los 7, 14 y 21 días de curado de las mezclas patrón, 3%CR, 7%CR y 10%CR	70
Gráfico N°15. Máxima resistencia a flexión a los 7, 14 y 21 días de curado de las mezclas patrón, 3%CR, 7%CR y 10%CR	71

## Resumen

La investigación está incentivada para el estudio de las propiedades del concreto adicionando material de caucho reciclado según sea la condición, tiene como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado. En su análisis se aplicó el diseño experimental, produciendo concreto patrón y adicionando 3%, 7% y 10% de caucho en gránulos de 1.0 mm a 2.7 mm en reemplazo del agregado fino, estas obedeciendo la ASTM y NTP. Las mezclas de los especímenes y vigas fueron sometidos al ensayo de slump, consiguiendo una trabajabilidad media con el 3% de caucho, posteriormente se efectuaron los ensayos a compresión obteniendo resultados óptimos con el 3% de caucho a 112.87%  $f'c$  y 7% de caucho a 100.87%  $f'c$  mejor que el concreto de estudio. También se realizaron ensayos a tracción diametral, consiguiendo el 3% de caucho una recuperación óptima en cuanto a su resistencia. Del mismo modo se efectuaron ensayos a flexión, descubriendo resultados positivos en la adición de caucho y en cuanto a adquirir resistencia a flexión al 90% de maduración con un  $M_r = 52 \text{ kg/cm}^2$ .

**Palabras clave:** Caucho reciclado, concreto, propiedades físicas y mecánicas.

## Abstract

The research is encouraged to study the properties of concrete by adding recycled rubber material according to the condition of the sea, as an objective to determine the physical and mechanical properties of concrete  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  for the study of physical and mechanical properties of concrete with the mix design with the addition of recycled rubber and aggregates from the Rio Colorado quarry. In its analysis, the experimental design was applied, producing standard concrete and adding 3%, 7% and 10% of rubber in granules from 1.0 mm to 2.7 mm in replacement of the fine aggregate, these obeying the ASTM and NTP. The mixtures of the specimens and beams were subjected to the slump test, achieving a medium workability with 3% rubber, then compression tests were carried out obtaining optimal results with 3% rubber at 112.87%  $f'c$  and 7% rubber at 100.87%  $f'c$  better than study concrete. Diametral tensile tests were also carried out, with 3% rubber achieving optimum recovery in terms of its resistance. In the same way, it will be carried out in flexural tests, discovering positive results in the addition of rubber and in terms of acquiring flexural strength at 90% maturity with  $Mr = 52 \text{ kg / cm}^2$ .

**Keywords:** Recycled rubber, concrete, physical and mechanical properties.

## I. INTRODUCCIÓN

A respuesta de este proyecto se ha desarrollado estudios de las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en diversas partes del mundo, el Perú cuenta con proyectos de la utilización de caucho reciclado como materia en mezcla de concreto por la resistencia mejorando meramente la resistencia a la compresión, en el departamento de Cerro de Pasco, priorizando Villa Rica; no se encuentra proyecto con la utilización de Neumático reciclado para el desarrollo ingenieril y económico

Este trabajo de investigación influye en seguir investigando para el desarrollo, concientización y utilización del caucho reciclado en la mezcla de concreto. Su dosificación de caucho en porcentajes tendrá efecto en sus propiedades físicas y mecánicas, para esta investigación titulada “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de caucho reciclado, Pasco 2021”, desarrollado en laboratorios, siguiendo el concepto de las Normas Técnicas Peruanas.

La problemática de esta investigación surge a partir de la visita a la planta de tratamiento de residuos sólidos que queda en el distrito de Villa Rica, lugar donde se aprecia la expulsión de neumáticos por diversas partes de la zona, además existe reportes de pobladores que encuentran neumáticos en sus terrenos, acontecimiento que aborda la necesidad de realizar una investigación sobre las propiedades del caucho reciclado y su influencia en la mezcla de concreto hasta su maduración.

Cicatrices que marcan alrededor del mundo donde se desplazan estos vehículos, estos son las ruedas que se definen caucho o variedad de material de utilización de neumáticos. Su propiedad está en visión de explotación para utilizar el neumático de mayor útil de vida y desgaste, se estima que la descomposición de este neumático ya sea por maquina o en descomposición ante el suelo son de 600 años. (Industria y Tecnología en América Latina, 2017.p.18)

Es por ello que en la actualidad de la investigación se ha planteado el siguiente **problema general**: ¿Qué efecto produce en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> para estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica

– Pasco 2021?; Así mismo, los **Problemas específicos**: ¿Cómo determinar las propiedades físicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en estado fresco para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021? ¿Cómo estimar el estudio de las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en estado endurecido para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021?

La investigación está justificada en cinco aspectos de ellos son:

**Justificación teórica:** Con fines de concientizar a la comunidad de ingenieros civiles sobre el reciclaje y utilización del caucho en el concreto para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto desde su mezcla hasta su maduración, a fin de aportar conocimiento como un agregado ambicioso con capacidad de elástica, absorción y soportar cargas a compresión.

**Justificación metodológica:** Observar y evaluar el desarrollo del proyecto de investigación a beneficio de la localidad de Villa Rica y al estudio del concreto con caucho.

**Justificación práctica:** La investigación otorgará a fin respuestas y proporciones de uso convencional en concretos  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , que sean ligeros con inclusión de caucho este recogido de la localidad de Villa Rica.

**Justificación social:** La solidificación de esta investigación pretende comprobar la compatibilidad accesible entre el caucho y la mezcla de concreto como agregados de inclusión para la construcción de obras con la reutilización de cauchos botados.

**Justificación económica:** La investigación busca demostrar la solvencia económica al elaborar el interés ingenieril de investigar y conseguir quien procese la llanta caucho en partículas y cuanto reemplaza a los finos.

**Justificación ambiental:** La acción de esta investigación es la reutilización del caucho reciclado, como aporte a la concientización del desarrollo medioambiental.

## **Objetivos:**

**Objetivo general:** Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado; Así mismo, los **Objetivos específicos:** Determinar las propiedades físicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021. Determinar las propiedades físicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021.

## **Hipótesis:**

**Hipótesis general:** Las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto mejoran con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021; Así mismo, las **hipótesis específicas:** Las propiedades físicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto mejoran su trabajabilidad con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021. Las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto aumenta su flexión, compresión y retracción con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021.

## **II. MARCO TEÓRICO**

El fin de esta investigación es determinar la variación en el comportamiento mecánico y físico del concreto de cemento portland tipo I con cantera de Rio Colorado cuando se le adiciona caucho reciclado de la localidad de Villa Rica para el estudio de las propiedades del concreto.

Para la presente investigación se ha considerado tres antecedentes internacionales que refuerza la utilización de caucho reciclado en el concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, seguidamente, se precisa:

Silvestre (2019), teniendo como **objetivo** es determinar el comportamiento de mezclas de concretos adicionándole caucho triturado de llantas recicladas en diferentes porcentajes, con el fin de aplicarlas en la reducción de las cargas muertas en estructuras y obtener una disminución en los requerimientos estructurales y los costos. Para su análisis se empleó la **metodología experimental** trabajando con 01 mezcla de concreto con caucho conformada con cantera de río limpia de agregado del Cairo para los agregados, cemento Argost tipo I, caucho triturado. **Consiguiendo los resultados** de los resultados a cargas de compresión se realizaron 15 muestras en probetas con porcentajes de 0% ,3% ,5%, 7% y 10%, (7 días) fue 163.46, 122.77, 174.98, 124.41 y 155.40 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; (14 días) fue 225.26, 181.51, 181.61, 146.43 y 173.05 kg/cm<sup>2</sup> y (28 días) 228.93, 235.76, 235.56, 241.67 y 230.05 kg/cm<sup>2</sup>. Para la recopilación de datos se emplearon la observación, análisis de agregados, formulas, ensayos a compresión y tablas. A modo de **conclusión** el concreto patrón de  $f'c=249.3$  kg/cm<sup>2</sup> disminuye su resistencia al incorporar caucho reciclado, lográndose en 9 una mezcla sin aditivo los valores de 235.8 kg/cm<sup>2</sup>, 235.6 kg/cm<sup>2</sup>, 241.7 kg/cm<sup>2</sup> y 230 kg/cm<sup>2</sup> para los porcentajes de 3%, 5%, 7% y 10% respectivamente. Por otra parte, se observó que todos los concretos de estudio cumplen con la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Este antecedente nos permite demostrar que la cantera aporta mucho a la resistencia del concreto, prueba de ello la cantera de río limpia de agregado del Cairo, además su dosificación en materiales en especial el 3% con  $f'c=235.8$  kg/cm<sup>2</sup> y 7% con  $f'c=241.7$  kg/cm<sup>2</sup> de caucho son trabajables, pero disminuye su resistencia , pero conserva su  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, siendo más económico en grandes proporciones para obras estructurales con bajo presupuesto y para reducir al medio ambiente con la utilización de caucho.

López (2018), su **objetivo** determinar el porcentaje máximo de agregado de llantas usadas que se pueda emplear para una mezcla de concreto estructural en Colombia mediante ensayos de laboratorio. Aplica una **metodología experimental** y para la recopilación de datos se empleó la observación, ensayos a compresión, fórmulas y diseño de mezcla. Obteniendo los **resultados** a cargas de compresión promedio que se realizaron de 62

cilindros con porcentajes CDR, CR5, CR7 Y CR10, (3 días) fue 191.60, 143.78, 108.09 y 49.66 kg/cm<sup>2</sup>; (7 días) fue 278.18, 207.10, 155.91 y 66.69 kg/cm<sup>2</sup>; (14 días) fue 229.54, 363.32, 177.74 y 68.93 kg/cm<sup>2</sup>; (28 días) fue 393.92, 259.93, 224.64 y 88.82 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. **A modo de conclusión** del agregado de llanta usada agregado fino y grueso del 5% al 7% las mezclas optimas fueron a su reemplazo, se empleó para esta finalidad el polvillo de caucho que tiene una granulometría del 1mm a 5mm, la proporción nominal de suplencia de todos los agregados concluyo siendo del 10% al 14%, quedando como resultado un concreto de llanta usada con agregado que vale tener uso estructural , todo esto cumpliendo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), sin embargo los concretos con agregado triturado de llanta usada, son de mejor aislamiento acústico y térmico y una disminución en peso con relación al concreto tradicional. Finalmente se puede integrar un concreto de  $f'c=393.92$  kg/cm<sup>2</sup>, un porcentaje de hasta 7% de caucho, por tal que el valor resultante es de 224.64 kg/cm<sup>2</sup>, satisfaciendo la condición de que el concreto sea mayor a 17 Mpa.

Este antecedente nos muestra un concreto para uso estructural que se utilizó polvillo de caucho 1mm a 5mm en porcentajes de 5%, 7% y 10% dando resultados eficientes, reemplazando el 10% al 14% de los agregados, siendo este más liviano pudiendo trabajar con concretos mayor a  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> para conservar su resistencia, se puede ver que el 7% de caucho para el concreto obtiene su máxima resistencia, que según las normas colombianas de Construcción está cumpliendo su capacidad del concreto.

Arrieta & Pérez (2017), tiene como **objetivo** es caracterizar el concreto de 3500 psi con mezcla de grano de caucho al 5% de material particulado fino y grueso en diferente porcentaje, comparado con una mezcla tradicional. Aplica una **metodología experimental** comparando 01 mezcla de caucho 5% comparado con 01 mezcla de concreto tradicional de  $f'c= 246.07$  kg/cm<sup>2</sup>. Consiguiendo los **resultados** a cargas de compresión su muestra son 16 testigos a mezclas CC, C50%/50%, C70%/30%, C30%/70%, (7 días) fue 216.12, 105.67, 123.46 y 96.18 respectivamente; (14 días) 236.65, 117.20, 128.80 y 130.07; (21 días) 256.27, 128.52, 137.45 y 159.03 kg/cm<sup>2</sup>; (28 días) 259.29, 140.26, 135.90 y 157.77 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a los ensayos por tracción su muestra son 12 testigos a mezclas CC, C50%/50%, C70%/30%, C30%/70%, (7 días) fue 24.81, 14.55, 13.15 y 13.15 kg/cm<sup>2</sup>; (14 días) 26.44, 14.69, 15.19 y 13,22 kg/cm<sup>2</sup>; (28 días) 29.32, 17.65, 17.72 y 15.89 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

A modo de **conclusión** la mezcla que mostró mayor respuesta ligado a la resistencia a compresión es C30%/70% por lo tanto obtiene un incremento y reemplazo de caucho fino, con una utilidad de 2244 Psi un 39% menor que la mezcla habitual a sus 28 días de edad, justamente el compuesto concreto –caucho obtiene una diversidad de sus agregados, por ende, no hay segregación del caucho y el agregado se divide casi uniformemente en absolutos compuestos analizados.

Este antecedente nos permite demostrar que la adición de caucho en 5% es óptimo para el diseño de concreto ya que mantiene su resistencia del concreto, pero para poder mejorar la mezcla de agregados con el caucho se estudió la dosificación de agregados de caucho en agregado grueso y fino, siendo el más óptimo la dosificación de C30%/70% mayor porcentaje de caucho fino que el grueso, esta proporción reduce el total de la mezcla patrón, que varía en los agregados, se puede observar que su resistencia disminuye a un 39% en sus 28 días con  $f'c = 156.36 \text{ kg/cm}^2$ .

En cuanto a los antecedentes nacionales que detallan el uso de caucho reciclado en el concreto, se mostrará tres investigaciones, que se especificará a continuación:

Abanto y Tantalean (2020), tiene como **objetivo** principal evaluar el efecto de la incorporación del caucho reciclado en el comportamiento del concreto para un pavimento rígido. La investigación presenta **metodología experimental**. La **obtención de resultados** de el ensayo a compresión consta de 32 testigos a mezclas G1, G2, G3 Y G4 relacionadas con 0%, 5%, 10% y 15% de caucho reciclado, la muestra fue (14 días), 162.66, 194.23, 124.28 y 94.22  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente; (28 días) fue 212.24, 269.13, 152.04 y 108.66  $\text{kg/cm}^2$ . **Concluyendo** que emplear caucho con 5% por finos mejora numerosamente su comportamiento mecánico y diseño de mezcla con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , por 85.35 kg de cemento, 191.33 kg de grueso y 91.33 kg árido y 49,64 litros de agua.

Este antecedente permite demostrar que la influencia del caucho de líder Grass en el comportamiento del pavimento rígido con agregados de la cantera Espinoza S.A trabaja eficientemente en su mezcla, pero en sus 32 testigos a medida que avanza el curado del concreto la resistencia de las mezclas con caucho va a alejándose del convencional, esto se puede controlar con el grupo 2 que es adicionado con 5% de caucho, se considera adecuado

que a los porcentajes 10% , 15% y aún más al 0% debido a que su resistencia a 28 días es mayor al convencional en 22.16% con  $f'c=269.77$ .

Ledezma & Yauri (2018), tiene por **objetivo** determinar la influencia del material reciclado de neumáticos en la resistencia a la compresión y tensión, en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica. La investigación utiliza la **metodología experimental** utilizando concreto con y sin material de neumático. **Consiguiendo los resultados** de ensayo a compresión son de 21 testigos a mezclas A-1, A-2, A-3 y A-4 relacionadas con caucho 0%, 25%, 35% y 40%, la muestra (G1-28 días) 342.5, 30, 8.3 y 8 kg/cm<sup>2</sup> kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; la mezcla A-1 relacionadas con (G2-7 días con 25%) 39.75 kg/cm<sup>2</sup>, (G2-14 días con 25%) 52.75 kg/cm<sup>2</sup> y (G2-28 días con 25%) 68.75 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a los ensayos a flexión son 22 testigos, al adicionar 0%, 25%, 35% y 40% con mezclas A-1, A-2, A-3 y A-4 fueron (G1-28 días) 57.5, 13.33, 5 y 2.5 kg/cm<sup>2</sup>; la mezcla A-1 vincula (G2-7 días con 25%) 17 kg/cm<sup>2</sup>, (G2-14 días con 25%) 17.5 kg/cm<sup>2</sup> y (G2-28 días con 25%) 19 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. **A modo de conclusión** el grupo 2 con mezcla A.1 con 25% de caucho tiene propiedades idénticas al concreto convencional, su proporción es 15.27 kg de polvo de hule, cemento 20.80 kg, fino 36.40 kg, piedra 24.70 kg y agua 6.13 kg.

Este antecedente nos muestra una mezcla con mayor porcentaje de caucho como son el 0%, 25%, 35% y 40% adicionado al concreto, a pesar de que son de adoquines su resistencia a la compresión aporta para nuestro diseño de pavimento rígido y se puede entender que los adoquines son más livianos a medida que se aumenta el porcentaje del caucho, pero es inverso a su resistencia y flexión ,además se puede entender que no deteriora el concreto, y nos ayuda a poder elegir como primer porcentaje de caucho menores al 25% para la eficiencia del concreto y su ciclo de vida vial.

**Lima L & Lima Y (2020)**, tiene como **objetivo** es determinar los efectos que produce la adición del caucho reciclado al concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> para el diseño de pavimento rígido en la Avenida Llanos, Ate 2020. La **metodología es experimental** comparando el concreto patrón y concretos con grano de caucho de (2.36mm-4.75mm), Obteniendo **resultados** del ensayo a compresión la muestra fue 278.83, 281.47 y 348.50 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente y al adicionar caucho al 4%, 8% y 12%, se obtuvieron resistencias (7 días) 261.70, 241.43 y 221.17 kg/cm<sup>2</sup>; (14 días) 281.47, 277.87 y 235.93 kg/cm<sup>2</sup> y (28 días) 323.40, 274.40 y 238.70

kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Además el ensayo a flexión con adición de 0%, 4%, 8% y 12% se obtuvo MR la muestra (7 días) 27.50, 28.50, 30.00 y 33.50 kg/cm<sup>2</sup> y (28 días) fue 47.00, 43.00, 33.00 y 32.50 kg/cm<sup>2</sup>.. A modo de **conclusión** se confirmó que la suma de caucho actúa positivamente en la trabajabilidad en los ensayos de slump sometidos a los especímenes de concreto, luego pasan a desarrollar ensayos a la compresión donde se logra que la muestra con suma del 4%cauchosimbolize la adecuada dosificación, pues a los 28 días se realiza con el 115.5% del  $f_c$  de diseño. De similar forma se hicieron ensayos a la flexión a los 28 días, en el cual se comprobó que la muestra con suma del 4%de caucho ejecuta con el 122.86% del módulo de rotura solicitando para pavimentos rígidos y concluyéndolo se elabora los ensayos de retracción que revisaron la permuta volumétrica de los concretos de estudio en confrontación al concreto patrón, resultando que la suma de caucho en el concreto reduce los efectos de contracción , permaneciendo el 12% de suma de caucho de la muestra más beneficioso.

Este antecedente nos permite verificar para un concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> la dosificación de 4% es adecuado, con su trabajabilidad accesible, ya que a sus 28 días aumenta su resistencia a la compresión en 15.5% más al convencional, 22.86% en flexión y más aún en retracción donde está comprobado con esta investigación que en 4% recupera su capacidad de retracción. También se puede observar que su compresión como aumentó, esta mezcla se puede trabajar hasta con el 10% de caucho manteniendo su  $f'_c$  patrón.

En cuanto a los antecedentes en ingles que especifica la utilización de caucho en concreto y son los siguientes:

Eyad (2016), the main **objective** of this study is to experimentally improve the bond between the rubber aggregate and the cement paste using different methodologies that include Na (OH) pretreatment, mortar precoating, mortar precoating with bonding agent, studying the effect of the recycled tire rubber pretreated on cool and mechanical properties of normal concrete. This chapter covers **the experimental program**. **The results** of the compressive strength tests of the sample were: 241.26, 260.54, 293.37 kg / cm<sup>2</sup> respectively, and when adding pneumatic rubber at NC0%, NC10%, NC20% and NC30%, compressive strengths of (7 days) 197.21, 169.27, 160.10 kg / cm<sup>2</sup>, (14 days) 229.44, 198.84, 183.55 kg / cm<sup>2</sup> and (28 days) 271.24, 224.34, 203.94 kg / cm<sup>2</sup>. Regarding the rupture modulus test with the addition

of rubber at NC0%, NC10%, NC20% and NC30%, 26.51, 24.47, 22.43, 20.39 kg / cm<sup>2</sup> were obtained respectively. **In conclusion**, the inclusion of rubber reduces its resistance to compression loads, tensile by division, due to the low fusion adhesion between cement and rubber used in tires.

Bowen (2018), the **aim** of this work is to investigate the mechanical properties of externally confined and unconfined rubberized concrete elements with various levels of rubber content, including constitutive relationships of constituent materials, shear behavior, flexural response, and performance. under cyclic load conditions. The research methodology is **experimental**. Obtaining the compression **results**, seven gummed concretes with only confinement (RRuC) (at the time of the test) D250-R60-F0-N1, D350-R45-F0-N0, D350-R45-F0-N1, D350-R60-F0-N0, D350-R60-F0-N1, D350-R60-F0-N2, D350-R60-F0-N2S was 76.89, 109.11, 107.07, 80.66, 81.27, 83.00 and 81.48 kg / cm<sup>2</sup>; (at 28 days) 6.58, 93.51, 93.51, 81.07, 81.07, 81.07 and 81.07 kg / cm<sup>2</sup>; These two conventional concrete reinforcements (RC) (D250-R00-F0-N2, D250-R00-F0-N1) was 755.61 and 715.84 kg / cm<sup>2</sup>; (at 28 days) 755.61 and 734.20 kg / cm<sup>2</sup> and finally they were confined reinforced rubberized concrete(CRRuC) that were provided with stirrups and external AFRP confinement (at the time of the test) D250-R60-F3-N1, D350-R45-F2-N0, D350-R45-F2-N2, D350-R60-F3-N0, D350-R60-F3-N2 was 93.51, 109.11, 106.05, 80.97 and 80.97 kg / cm<sup>2</sup>; (at 28 days) 67.10, 93.51, 93.51, 81.07 and 81.07 kg / cm<sup>2</sup> respectively. Regarding the modulus of rupture, the RRuC specimens were 11.62, 16.11, 16.11, 12.44, 16.11, 12.44 and 12.44; the specimens (RC) gave us 50.88 and 50.88 kg / cm<sup>2</sup> and the specimens of (CRRuC) gave us 11.62, 16.11, 16.11, 12.44 and 12.44 kg / cm<sup>2</sup> respectively. **In conclusion** the experimental results, described in this thesis, of more than 100 gummed concrete samples subjected to uniaxial compression tests showed that both the volumetric replacement ratio and the type of mineral aggregate replaced significantly affected the mechanical properties of the rubberized concrete. The increase in the rubber content reduced the compressive strength, the elastic modulus, but increased the lateral stress in the crushing, as well as the energy released during the crushing of the rubber-lined concrete cylinders.

**Twumasi (2014)**, the **research aims** to find the best way to produce concrete for paving with the use of ground tire rubber as a component material. The research methodology is **experimental**. **Obtaining the results** to the compression of the concrete with pneumatic soil

rubber (GTR), the control sample, 10% GTR, 20% GTR, 30% GTR and 40% GTR, compression resistance was obtained (at 7 days) , 2016.74, 526.55, 770.76, 559.75 and 460.38 kg / cm<sup>2</sup>; (at 28 days) was 2606.98, 874.33, 1090.30, 866.61 and 606.30 kg / cm<sup>2</sup> respectively. Regarding flexural strength (at 7 days) with the control specimens, 10% GTR, 20% GTR, 30 % GTR and 40% GTR were 477.36, 259.97, 222.54, 213.72 and 135.63 kg / cm<sup>2</sup>; (at 28 days) it was 487.25, 342.29, 209.22, 202.20 and 207.46 kg / cm<sup>2</sup> respectively. Regarding compressive Strength Results for Rubber Chips Concrete, the sample with electrol, 10% GTR, 20% GTR, 30% GTR and 40% GTR, obtained compressive strength (at 7 days), 2016.74, 947.37, 837.21 and 681.76 kg / cm<sup>2</sup>; (at 28 days) was 2606.98, 1681.89, 983.68 and 797.23 kg / cm<sup>2</sup> in respective order. In the same way, the bending test gave results (at 7 days) 477.36, 315.87, 263.02 and 211.67 kg / cm<sup>2</sup> respectively to the aforementioned; (at 28 days) 487.25, 351.93, 345.96 and 290.02 kg / cm<sup>2</sup>. A preliminary study on free shrinkage using control samples and 10% GTR samples showed that the GTR concrete had a lower free shrinkage compared to the control samples. SEM analysis in GTR concrete it did not show evident bond deficiencies in GTR concrete. The CTE results showed little difference between control specimens and GTR concrete specimens. Yet it was seen 79 that all samples, in addition to 15% GTR, had lower CTE values than the control samples without add mixes.

Luego de presentar y evaluar los antecedentes, se observó sus resultados, conseguí centrarme a investigar el concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de caucho reciclado para el estudio de las propiedades del concreto, por ende, se presentará teoría que fundamenta este proyecto para el lector.

## PROPIEDADES FÍSICAS EN ESTADO FRESCO

### CEMENTO PORTLAND

El cemento portland es un material para construcción de estructuras, Además el cemento a base de portland o cemento portland tácticamente esta es reconocida como la palabra cemento donde tiene la propiedad de endurecer y fraguar en aparición de agua pues con ella experimenta la reacción química, por lo cual son también llamados cementos hidráulicos a este proceso se le llama hidratación (Sánchez, 1996.p.27).

El cemento portland adquiere resistencia competente a las dos semanas para cargas leves, a los 28 días alcanza su estado óptimo de resistencia y más adelante en pequeñas escalas. Su precio es un poco elevado, pero acelera la resistencia ente periodos de 7 y 14 días. El cemento Portland Tipo I consigue su máxima resistencia a los 28 días.

En la actualidad se produce cementos variados para las necesidad y fines establecidos que se mostrará a continuación: Portland Tipo I (Normal), Portland Tipo II (De resistencia moderada a los sulfatos), Portland Tipo III (De alta resistencia inicial), Portland Tipo IV (De bajo calor de hidratación) y Portland Tipo V (De resistencia elevada a los sulfatos)

### CEMENTO PORTLAND TIPO I

Es un conglomerante hidráulico empleado a obras de concreto, estas no pueden establecerse en presencia de sulfatos del suelo o el agua, también en temperatura elevadas durante la hidratación del concreto, sus usos son diversos entre ellos están: los pavimentos, edificios de concreto, pisos, puentes, estructuras vías férreas, depósitos, tanques, mampostería y otros productos de concreto o reforzado. (Sánchez, 1996.p.30).

### CONCRETO

El concreto es la mezcla de áridos y arena con cemento, y en casos con aditivos. Este es utilizado en la construcción y puede tomar diversas formas. La proporción de agregados, cemento y agua definen su función y calidad del concreto, también es conocido como “piedra líquida”.

### CONCRETO EN ESTADO FRESCO

El concreto en estado fresco presenta diversas propiedades como la trabajabilidad, segregación, cohesividad, calor de hidratación, tiempo de fraguado y peso unitario. Para desarrollo de esta investigación se priorizará la consistencia y trabajabilidad.

### CONSISTENCIA

Depende de la gradación, tamaño máximo, forma de agregado de la mezcla y cantidad de agua de mezclado donde es la resistencia que opone el concreto a experimentar deformaciones.

## TRABAJABILIDAD

Una mezcla de concreto tiene trabajabilidad cuando son fáciles de compactar y colocar, estas pueden variar dependiendo de la dosificación y la propiedad que posee el agregado. Los agregados gruesos en altos porcentajes en mezcla, produce segregación en su manipulación, esto impide la compactación óptima. Por ende, la incorporación de minerales como relleno afecta directamente a su trabajabilidad debido al incremento de viscosidad. También la mezcla de agregados finos en altos porcentajes sin minerales tiene menos efectividad en cuanto su compactación y colocación. (Granados, 2017, pp. 23-24)

Para medir la trabajabilidad se utiliza la prueba de revenimiento, o asentamiento en el cono de Abrams, de acuerdo con la norma ASTM C143

Tabla N° 1: *Clasificación de trabajabilidad por el método slump*

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Fuente: Elaboración propia

## DENSIDAD

La densidad de los agregados depende de los pesos específicos de sus compuestos sólidos y el grado de porosidad que presentan estos. Si el agregado es poroso, este es directamente proporcional al grado de absorción e inversamente proporcional a su resistencia, se necesita en la construcción concretos porosos y no porosos. Estas características deben de ser confirmados durante los ensayos correspondientes a concretos con fin en especial.

En realidad, conocer la densidad del cemento, agregados de cantera y caucho es una base para determinar otras características cuando se evalúa y analiza en conjunto de sus propiedades.

## AGREGADO FINO

Se le conoce como el agregado que pasa por el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N°200, denominado arena producto de la disgregación de la roca, se aplica para llenar, lubricar a los agregados gruesos, generando manejabilidad a la mezcla del concreto. Demasiada arena en una mezcla provoca aspereza, mayor cantidad de agua para su cohesión y también considerar la relación a/c. (Bustamante & Diaz, 2014, pp. 48-49)

## AGREGADO GRUESO

Es el agregado que queda retenido por el tamiz N°4 y proviene por la disgregación de la roca, Según Bustamante & Diaz (2014) nos comenta:

Su calidad es primordial para asegurar y proporcionar un agregado bueno para mezcla en estructuras de hormigón, mejorando su diseño de vida y propiedad mecánica. Estas pueden ser trituradas o chancadas por el hombre o naturales como son los cantos rodados provenientes de los ríos. (p.51).

## CANTERA FLUVIAL

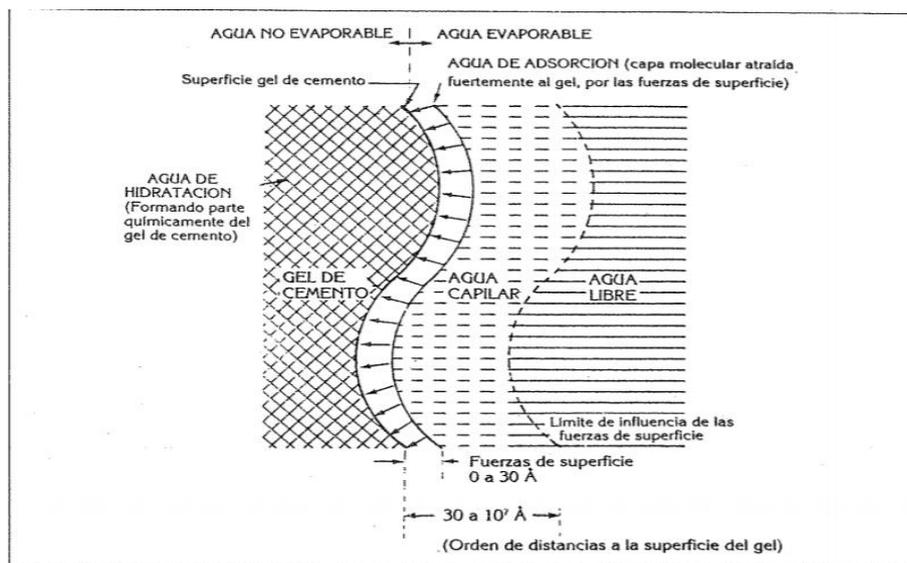
La cantera posee agregados útiles para la construcción, clasificación y transformación.

Convocadas como canteras fluviales aquellos que transportan por medio de inmensos recorridos elementos naturales de erosión de ríos. Donde las rocas dedican su energía cinética para colocarlas en lugares de inferior potencialidad que dan forma a depósitos inmensos de materiales en medio de los cuales se descubre desde gravas y cantos rodados hasta limos, arcilla y arena. (Piérola, 2017.p.19)

## AGUA

Es un material importante porque modifica las propiedades físicas y mecánicas del concreto desde la mezcla hasta su maduración, se manipula la relación agua/cemento en base a la resistencia y trabajabilidad. La adición de agua en el curado del concreto es necesario junto con su calidad física y química. El agua en el concreto se reanima químicamente con el cemento pues pasa a formar parte de la fase sólida del gel, donde se evapora una cantidad, sin embargo, no se encuentra libre en su totalidad.

Figura N° 1. Esquema de la ubicación del agua en la pasta de cemento hidratado



Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMAN. Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 3 ed. Bogotá D.C: bhandar editores Ltda. 1996. 349p.

## DISEÑO DE MEZCLA (ACI 211)

El diseño de mezclas se aplicó el método del Comité 211 del ACI, este método emplea procedimientos de diseños con referencia de tablas, estas mismas que halla valores de diversos elementos o materiales en que integran unidad cúbica del concreto.

La resistencia del concreto de esta investigación se estima  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  (con una maduración hasta los 28 días), considerado tiempo mínima para elementos estructurales.

## PROPORCIÓN DE MEZCLA

La proporción de mezcla comúnmente son distribuciones de estos tres factores: cemento, agua y agregados, estos tienen influencia en sus comportamientos, uno de ellos es la trabajabilidad para la mezcla de concreto en estado fresco, a causa de ello facilita la maduración del concreto.

El comportamiento de sus propiedades de la mezcla se determina considerando estos aspectos:

- Los agregados fino y grueso fijan la cantidad de agua necesaria para una buena trabajabilidad, este depende de los perfiles de los agregados, textura superficial y el tamaño máximo del agregado grueso.
- La distribución de finos varía según el tipo de cantera, los finos angulares y rugosos, necesitan mayor volumen de agua para mantener la relación a/c.
- Las partículas de los agregados chatas y elongadas, en la mezcla con el concreto y agua son ásperas diversos procedimientos de colocación con presencia de cangrejeras, vacíos o dificultad para el proceso de bombeo.

## PROPIEDADES MECÁNICAS EN ESTADO ENDURECIDO

### RESISTENCIA DEL CONCRETO

Es un concreto que sufre determinadas cargas y esfuerzos en un periodo de vida estructural y con un fin en específico. El comportamiento de compresión se comporta mejor que la tracción por la concentración de la mezcla o relación agua/cemento en pesos. En laboratorio con ensayos sus unidades son expresados mayormente en ( $f'c = \text{kg/cm}^2$ ) a un tiempo de 28 días.

El concreto se desarrolla su resistencia en su estado fresco y endurecido.

La relación agua-cemento depende de la proporción del cemento y este influye directamente en la resistencia del concreto. La cantidad de vacíos en la mezcla afecta a su resistencia, por ello se entiende que los tipos de agregados y cementos determinan la resistencia del llamado concreto.

Existen propiedades que influyen en la resistencia de un concreto, primeramente, la granulometría por su grado de compactación en fresco y densidad en estado endurecido, también que su tamaño de agregado determina su resistencia máxima. En segundo lugar, la textura y forma del agregado como son las rugosas, cubicas y redondas influyen en su adherencia. La rigidez del agregado se considera igual que la mezcla durante su proceso en estado endurecido para el proceso de fraguado y curado a meta de resistencia óptima. (Vanegas& Robles, 2008. pp. 10-11).

## CONCRETO ENDURECIDO

La característica más relevante según el concreto a la forma en solidificada incorpora a la durabilidad, variación de volumen, cualidad elástica, impermeabilidad, solidez mecánica, solidez de desgaste, consistencia de cavitación, propiedades calientes, apariencia y acústicas. (Rivva,2000p.22)

## RESISTENCIA DE CONCRETO FRENTE A CARGAS POR COMPRESIÓN

También la resistencia especifica una idea frecuente de la calidad de concreto. Por ello consideramos comúnmente sobre la resistencia del concreto la propiedad más importante, en algunos casos esta no debe ser el criterio único de diseño porque en algunos casos resulta de mayor importancia la, impermeabilidad, durabilidad, etc. Se obtendrá la resistencia a la mencionada maduración de concreto de acuerdo con las normas ASTM C39-07/NTP339.034.11

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO

La resistencia de flexión se manifiesta como el módulo de rotura (MR) en libras por4 pulgadas cuadrada (MPA)y es conseguido por los ensayos ASTM C78 (cargado en los puntos tercios), (cargado en el punto medio) también es una medida de falla a la resistencia por momento de una viga de concreto no reforzada. Del módulo de rotura tiende a 10% a 20% de la resistencia a la compresión, dependiendo del volumen y de las dimensiones del agregado grueso. (Mogollón,2018). En algunas ocasiones en un 15%, el módulo de rotura en los puntos tercios en de menos intensidad que el módulo de rotura cargada en el punto medio.

## RETRACCIÓN DEL CONCRETO

La Retracción actúa en la pasta, cambiando su volumen a menor tamaño, este traspasa a los agregados producto de la fuerza isotrópica llegando a deformarse por un grado de coeficiente compresibilidad (Gonzales , 1962, p. 5).

El volumen de pasta del concreto disminuye, esto varía al ambiente desecante.

## ENSAYO A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

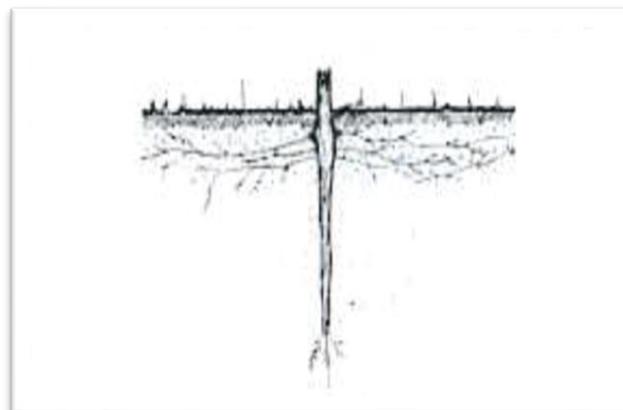
Presiona cargas de compresión en su longitud de los testigos de concreto de forma cilíndrica, terminando su proceso cuando evidencia su falla por su longitud de diámetro. La zona de aplicación de la carga se transforma en estado triaxial de compresión causando más esfuerzo que el uniaxial, conocido a esta falla como tracción (Huerta ,2016, p.1).

## CAUCHO NATURAL

El caucho natural lleva los nombres comunes de hevea, hule, jebe y siringueira, su propiedad es derivado del látex, este se obtiene de la coagulación de diversas especies de árboles, esta coagulación es impermeable y elástica.

Los árboles de caucho se diferencian por la raíz bastante larga (pivotante) y pocas raíces secundarias que son superficiales y de gran longitud como se muestra en la *Figura N° 2*.

*Figura N° 2. Raíz del árbol de caucho*



*Fuente: Eraso & Toro 2006*

El caucho es una especie, cuyo cultivo es importante para la conservación de los suelos y para la recuperación de áreas que han perdido su capacidad productiva. (Eraso & Toro, 2006. p. 4)

## CAUCHO RECICLADO

Son neumáticos desechados mayormente en botaderos, áreas de terreno deshabitadas, estos son desechados para fines de contaminación ambiental, tal como se muestra en la *Figura N°3* a donde se puede observar la contaminación del caucho en chacras de la zona de Villa Rica.

*Figura N° 3. Caucho desechado alrededor de la planta de residuos sólidos*



*Fuente: Elaboración Propia*

## NEUMÁTICO

EL contenido del caucho natural fundamentalmente se relaciona con una fracción del carbono biogénico del neumático, talque necesita distintos modelos instruyéndose la masa del contenido de variabilidad de biomasa reside en el tipo neumático de turismo, agrícola o camión. (Industria y Tecnología en América Latina, 2019.p. 20)

El neumático está compuesto en base de caucho se instala en la rueda de los vehículos y su función es trasladar su peso soportando cargas y esfuerzos, su capacidad de elasticidad proporciona adherencia, confort y estabilidad entre el vehículo y el suelo.

## REUTILIZACIÓN

Los neumáticos gastados son utilizados para materiales de construcción, comúnmente son empleados para mezclas bituminosas, la reutilización de caucho en materia prima contribuye al cuidado ecológico, desarrollo ingenieril e industrial. Además, Alfonso (2016) nos comenta:

Algunas de las partes importantes del neumático es la elasticidad, por motivo que es la responsable de que el neumático resista los inmensos esfuerzos que le pide nuestra conducción constante como de igual forma la durabilidad, donde pueda garantizar que el neumático es capaz de hacer durante una vida útil sus funciones. Aparte, el sostén debe ser preciso sobre mojado y sobre seco. (p.3)

## TRITURACIÓN DEL CAUCHO

El proceso de trituración es mecánico, obteniendo un menor costo, los trituradores de neumáticos, tienen la función de triturar la conformación del neumático como es el caucho, fibra textil y material de acero. La efectividad de la trituradora son las cuchillas con alta dureza, elaborados con materiales duros entre ellos está el tungsteno. Además, están equipados con elementos capaces de resistir el desgaste, la tolva, cuchilla y soporte de rodamientos. (Ramos, 2019. p18).

La propiedad de descomponerse a largo plazo son los neumáticos, casi mencionados indestructibles por mecanismos de manipulación en máquinas que provoca fractura, su fin es reducir en partículas el caucho, la trituración a temperatura variada según condición, sus filosas cuchillas son de desgarrar a materia más pequeña.

*Figura N° 4. Trituración del neumático*



*Fuente: Tecnología de Trituración de Neumáticos, 2018.*

## EFEECTO MEDIOAMBIENTAL

La industria de los neumáticos es innumerable y su responsabilidad de tiempo de vida es una lucha diaria al desarrollo medioambiental del mundo. Cada neumático está fabricado con petróleo crudo, gran cantidad de energía que, si no se recicla, este termina en basureros. La calcinación de estos se emplea comúnmente, la producción de sustancias nocivas afecta al medioambiente. Los neumáticos en montón generan hogares de insectos y animales que transmiten enfermedades. (Guillermo,2007, p.2).

## VENTAJA AMBIENTAL

“[...] Se reciclan y reduce el volumen de neumáticos fuera de uso depositados en vertederos y en lugares desconocidos o no autorizados. El empleo de residuos permite a su vez ahorros en recursos naturales”. (Lubo, y otros, 2019).

El caucho es un tipo de residuo contaminante altamente inflamable que tarda 1000 años en degradarse para el compost de la madre tierra, su reutilización está en la mira de la mitigación ambiental ya que su consistencia es elástica y puede mantener su forma en condición estable. En el sector construcción se recolecta los cauchos de los neumáticos que están dispersos en la localidad de Villa Rica, aportando en la reducción del efecto medioambiental.

## DESVENTAJA AMBIENTAL

Reciclar y utilizar el caucho es una acción al desarrollo ambiental, sin embargo, el caucho contiene además del caucho, tela de cuerpo, pestañas o aros de talón, cinturones estabilizadores y otros que contienen los neumáticos especiales. Todos estos serían desechados si no hay una gestión ambiental adecuada, por ello se crearía nuevas materias para reciclaje.

## GRANULOMETRÍA

La granulometría se entiende como la selección de un determinado agregado por tamaños que constituye el agregado, empleando el zarandeo, esta acción distribuye las partículas de masa de agregado según pase las divisorias del tamizaje. La cuantificación de grupos

resultantes en cada tamiz es comprendida como un análisis granulométrico para un fin de clasificación. (Sanchez,1996. p.72). Este análisis será empleado por la norma ASTM C136.

### TAMAÑO MÁXIMO

Se determina por el análisis de tamizado, mayormente se define el tamiz superior al tamiz que contiene el 15% o más del material retenido acumulado. El análisis granulométrico disimile no varía su tamaño máximo del agregado. Por ello, se debe considerar el agregado, proporción de mezcla y granulometría adecuado.

### TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5% y 10% (NTP 400.037,2014. p.6).

### CONTENIDO DE HUMEDAD

El agregado saturado, para determinar con sus poros abiertos copado de agua y secado de la humedad superficialmente. Un agregado parcialmente seco es inversamente proporcional al contenido de humedad excesiva para el concreto y viceversa.

Por ende, es necesario reajustar el contenido de humedad del agregado después del ensayo, en laboratorio se entiende el como la diferencia entre la condición actual del agregado y luego de saturarlo artificialmente en estado seco.

### ABSORCIÓN

Es el contenido de humedad absorbido hasta llenar sus poros repletos del agregado, se satura para determinados fines de mezcla. Su capacidad de absorción se puede hallar debido a que desarrolla la cualidad de pesadez por inmersión en el agua y esta disminuye cuando este es secada en 24 horas por el horno. Este carácter expone lo que obtiene el agregado dentro de una mezcla de concreto (Rivva ,2000. p.158).

### PESO UNITARIO

Se puntualiza el peso unitario de la subsiguiente forma:

Ya sea compactado o suelto, se denomina también peso volumétrico de los agregados. Genéricamente se revelan en kilos por metro cubico del material. En tal motivo de dosificarse el concreto por volumen o requerir su valor de agregado según su nivel de pesadez.

El peso unitario está afectado por:

- Su nivel de compactación de masa
- Su requisito de humedad
- Su rasgo y textura superficial
- Su gravedad determinada
- Su granulometría

En el agregado grueso crecimientos en el contenido de humedad aumentan el peso unitario. Este varía cuando la humedad este contenido. En el agregado fino los aumentos que van lejos de la circunstancia. En el agregado fino los aumentos que van lejos de la circunstancia de saturado superficialmente seco permiten disminuir el peso unitario debitado a que la película superficial de agua establece que las partículas puedan juntarse simplificando la compactación más en incremento en el volumen y minoración del peso unitario.

Del fenómeno antecesor, distinguido a manera de esponjamiento, es de minúscula importancia ya que si el agregado se dosifica en peso. El esponjamiento será formado cuando se transforme el contenido de humedad.

De las granulometrías carente de imperfecciones o superabundancia de una magnitud poseen el peso unitario más elevado de otras donde se encuentran con prioridad de una forma o relacionado con otros.

Generalmente permutan entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup>. El peso unitario de los agregados dentro de los concretos de peso normal. (Rivva,2000. p.152). Según los procedimientos de la norma (ASTM C29) para fino y grueso.

## PESO ESPECÍFICO

El vínculo del volumen y el peso es la correlación del peso específico que habita una sustancia en el universo. Se sabe que el peso en real proporción esta fraccionado en su volumen que abarca. Según los procedimientos de la norma (ASTMC29)

### III. METODOLOGÍA

**Método:** El método de la investigación es cuantitativa, ya que el análisis es referenciado por la “Cantidad”, por tanto, su medio principal es el cálculo y la medición. En general, el objetivo es medir variables y tomar como indicadores a las magnitudes. Desde tiempos anteriores el método se ha venido aplicando con éxito en investigaciones del tipo explicativo, experimental, descriptivo, y exploratorio (Niño, 2011, p. 29).

#### 3.1 Tipo de investigación:

Esta investigación es de tipo aplicada debido a que plantea problemas específicos que necesitan resolverse de forma inmediata, este tipo de investigación puede brindar hechos nuevos que al realizarlo de forma correcta puedan ser útil y predictivo para la teoría (Baena, 2017, p. 17- 18).

Nivel: Esta investigación tiene el nivel explicativo y no solo busca describir los fenómenos o conceptos o relacionar conceptos; más bien, están dirigidos a responder causas de eventos y fenómenos físicos o sociales. [...], su interés se basa en explicar del por qué sucede un fenómeno y en qué condiciones se presenta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández et al., 2014, p. 95).

#### 3.2 Diseño de investigación:

La presente investigación es de carácter experimental, estudio donde se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para luego analizar sus consecuencias que tiene sobre la manipulación de una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador (Hernández, Fernández y Batista, 2014, p. 129)

El diseño es de carácter cuasiexperimental, estudio en que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, diferenciándose de los experimentos “puros” en su grado de seguridad (Hernández et al., 2014, p. 151).

GE (A):  $Y_1 \rightarrow X \rightarrow Y_2$

GC (A):  $Y_3 \rightarrow X' \rightarrow Y_4$

GE: Grupo experimental

GC: Grupo control

X: Variables independiente

X': Tratamiento convencional

$Y_1, Y_3$ : Pretest

$Y_2, Y_4$ : Pretest

## Variables y operacionalización

Variable: Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. [...] El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos calores respecto de la variable referida (Hernández et al., 2014, p. 105).

Variable 1: Adición de Caucho Reciclado (Independiente, Cuantitativa)

Variable 2: Cantera río colorado (Independiente, Cuantitativa)

Variable 3: Diseño de mezcla (Independiente, Cuantitativa)

Variable 4: Concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para estudio de las propiedades físicas y mecánicas de concreto (Dependiente, Cuantitativa)

## 3.3 Población, muestra y muestreo

### -Población

La población es el total de un conjunto de todos los casos o elementos, sean acontecimientos, objetos o individuos, éstos se identifican en un área a ser estudiada (Sánchez, Reyes y Katia, 2018, p. 102). Bajo este concepto, la presente investigación define dos poblaciones, producción del concreto para el estudio de la investigación con la adición de caucho, los cuales servirán para analizar el  $f'c$ , Módulo de rotura, compresión diametral del concreto piloto y los concretos de estudio, este mismo presentados como propuesta para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

**-Muestra**

El mismo el tamaño de la muestra está referido al número individuos o casos que contiene la muestra, las cuales dependerán del muestreo (Sánchez et al., 2018, p. 93). En tal sentido, son 36 probetas cilíndricas para compresión, 36 probetas cilíndricas para tracción y 8 vigas para flexión, estos definidos en las tablas 2, 3 y 4:

Tabla N°2: *Ensayo a compresión*

ENSAYO COMPRESIÓN	NÚMERO DE PROBETAS DE CELDAS					
DÍAS DE CURADO	TESTIGOS PATRÓN (CP)	CONCRET O MEZCLA (CP)+ 3% CAUCHO RECICLADO	CONCRET O MEZCLA (CP) + 7% CAUCHO RECICLADO	CONCRET O MEZCLA (CP)+ 10% CAUCHO RECICLADO	Total, de muestras x día	Total, de muestras
7	3	3	3	3	12	36
14	3	3	3	3	12	
28	3	3	3	3	12	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°3: *Ensayo a flexión*

ENSAYO FLEXIÓN	NÚMERO DE PROBETAS DE CELDAS					
DÍAS DE CURADO	TESTIGOS PATRÓN (CP)	CONCRET O MEZCLA (CP)+ 3% CAUCHO RECICLADO	CONCRET O MEZCLA (CP) + 7% CAUCHO RECICLADO	CONCRET O MEZCLA (CP)+ 10% CAUCHO RECICLADO	Total, de muestras x día	Total, de muestras

21	2	2	2	2	8	8
----	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°4: *Ensayo a tracción diametral*

ENSAYO TRACCIÓN DIAMETRAL	NÚMERO DE PROBETAS DE CELDAS					
DÍAS DE CURADO	TESTIGOS PATRÓN (CP)	CONCRETO MEZCLA (CP)+ 3% CAUCHO RECICLADO	CONCRETO MEZCLA (CP) + 7% CAUCHO RECICLADO	CONCRETO MEZCLA (CP)+ 10% CAUCHO RECICLADO	Total, de muestras x día	Total, de muestras
7	3	3	3	3	12	36
14	3	3	3	3	12	
21	3	3	3	3	12	

Fuente: Elaboración Propia.

### - Muestreo

Existe dos clases de muestreo: probabilística y dirigida o no probabilística (Hernández et al., 2014, p. 171). Además, el tipo no probabilístico está basado en el criterio del investigador y pueden ser sin normas e intencionado (Sánchez et al., 2018, p. 94). En este sentido, la presente investigación es de clase no probabilística, ya que el muestreo fue seleccionado bajo el criterio de estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Unidad de análisis

Diseño de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

### 3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos

Proceso de la investigación mediante el cual se recolecta datos o información del estudio, y para ello se emplean instrumentos y técnicas específicos de recolección de datos (Sánchez et al., 2018, p. 111). La técnica que se aplica en el presente estudio es la observación, puesto que permite demostrar de forma gradual y sistemática el comportamiento que toma el concreto con adición de caucho desde la selección de los agregados, diseño de mezcla, la preparación del concreto y consolidación, estos representados mediante las normas: ASTM C136 (Análisis granulométrico de agregados), ASTM D2216 (contenido de humedad), ASTM C29 (Análisis de peso unitario), ASTM C127 y C128 (Análisis de peso específico y absorción), ASTM C143 (Ensayo de trabajabilidad), ASTM C31 (Dosificación), ACI 211 (Diseño Mezcla), ASTM C39-07 (compresión), ASTM C78 (flexión) y ASTM C496 (tracción diametral). Como instrumentos se usaron las guías de observación en campo que fueron elaborados con criterios de las normas antes mencionadas, las cuales se presentan en los capítulos de resultados.

### **Validación de instrumento**

La validación es un proceso de investigación tecnológica que demuestra la validez de los métodos, instrumentos, técnicas y programas. Estos procedimientos de validación pueden sostenerse de técnicas cualitativas o técnicas estadísticas (Validez de Jueces, validez de contenido) (Sánchez et al., 2018, p. 124). Por lo tanto, la validez de la presente investigación se garantiza mediante:

- Acreditación de un especialista de Suelos y de Concreto que contemple la experiencia en el área de investigación.
- Acreditación de los laboratorios con sus respectivos profesionales técnicos de campo y laboratorios para la realización de los ensayos de laboratorio.
- El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones

### **Confiabilidad**

La confiabilidad se define como una aproximación a la exactitud de datos y técnicas de investigación. Esta se muestra en relación con el error, pues a menor error mayor

confiabilidad (Sánchez et al., 2018, p. 35). Para el cálculo de la confiabilidad de la presente investigación se garantizará lo siguiente:

- Certificado de calidad de los productos a emplear
- Certificado de calibración de equipos de laboratorio
- Laboratorio de Suelos y Concreto que contemple procedimientos de trabajo y certificado de los mismos.

### 3.5 Procedimiento

La preparación del concreto con adición de caucho se realizará en 5 pasos, estos iniciarán con la recolección de la cantera fluvial (grava), diseño de mezcla y finalmente los ensayos. Estos se detallarán consiguientemente:

#### Paso 1: Recolección de agregados

- a) Se recogerá los neumáticos desechados alrededores de los terrenos que rodean la planta de tratamiento residuales pertenecientes a la localidad de Villa Rica como se ve en la *Figura N° 5* para luego llevarlas al departamento de Lima.



*Figura N° 5. Llantas en desuso*

- b) Las llantas se trasladan hacia la ubicación de la trituradora de Neumático doble eje, perteneciente al distrito de Puente Piedra y este se llama Nort Sul s.r.l , donde la maquina separa el caucho y este es triturado por la maquina como se observa en la *Figura N° 6* optando por valores de 0.5 – 9.5 mm de granulo.



*Figura N° 6.* Almacenamiento y triturado de caucho reciclado

- c) Triturado el caucho, se comienza a elegir según su tipo su forma, en caso nuestro elegiremos el grano desde 1 mm a 2.70 mm como se aprecia en la *Figura N° 7*, el fin es que estos reemplazarán el fino en 0%,3%, ,7% y 10%.



*Figura N° 7.* Distinción y elección de tamaños

- d) Luego de la selección de gránulos de caucho, se recogerá por costalillos los agregados gruesos y finos que son extraídos de la cantera de rio colorado, estos son evidenciados

en la *Figura N° 8*, para ser enviados al laboratorio CONCEDYS - San Ramón y MTL GEOTECNIA S.A.C – San Martín de Porres (Lima).



*Figura N° 8. Saturación en peso de costalillos por agregados*

- e) Una vez almacenado en el laboratorio CONCEDYS se comenzó a realizar el tamizado manual, en la cual se evidencia en la *Figura N°9*, consiguiendo primeramente separar el fino del grueso



*Figura N° 9. Tamizaje manual del hormigón*

- f) Con los agregados, se procedió al secado para su respectivo análisis granulométrico como se aprecia en la *Figura N° 10*



Figura N° 10. Ensayo de Agregados

Paso 02: Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

a) Una vez identificada los agregados, se elabora el diseño de mezcla del concreto patrón, en base a la Norma ACI 211, de ello se conseguirá la dosificación, pues esto se hace en el laboratorio Concedys del cual obtenemos la siguiente Tabla N° 5:

Tabla N° 5: *Dosificación del concreto patrón*

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Hormigón	Agua
1.00 p3	1.94 p3	2.72 p3	4.66 p3	22.53 lt.

Fuente: Elaboración Propia

b) Con la dosificación determinada se procede a elaborar 4 muestras de estudio, en ellas se distribuyen el 0%,3% ,7% y 10% de caucho reciclado en reemplazo del agregado fino, consiguiendo una dosificación que se muestra en las Tabla N° 6:

Tabla N° 6: *Dosificación del concreto referenciado*

Porcentaje de Caucho	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Caucho	Agua

3 % CR	1.00 p3.	1.88 p3.	2.72 p3.	2970.9 gr	22.53 lt.
7% CR	1.00 p3.	1.80 p3.	2.72 p3.	6932.1 gr	22.53 lt.
10% CR	1.00 p3.	1.75 p.3	2.72 p3.	9903.0 gr	22.53 lt.

Fuente: Elaboración Propia

**Paso 03:** Elaboración y evaluación del concreto en estado fresco

a) De acuerdo a nuestro diseño de mezcla patrón, se procedió primero a pesar el cemento, piedra chancada, arena, agua en una balanza calibrada, posterior a ello se procedió a mezclar todos los componentes en el trompo mezclador por un tiempo de 6 minutos aproximadamente hasta obtener una mezcla homogénea como se evidencia en la *Figura N° 11*:



*Figura N° 11.* Mezcla de concreto Patrón

b) Una vez obtenida la mezcla homogénea del patrón, se realizó el ensayo del cono de abrams siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C143 y también ASTM C31, el cual consiste en rellenar de concreto el cono compactando en 3 capas, cada una de ellas deberá dar 25 golpes y llenarlo a tope. Posterior a ello el cono será retirado en

no más de 5 segundos para luego realizar la medición desde la parte más alta del concreto hasta el fondo de la varilla.

- c) Después del ensayo de slump, se procede a llenar los moldes cilíndricos 15cm x 30cm también 10cm x 20cm, viguetas 15cm x 15cm x 50cm tal como se muestra en la *Figura N° 12*.



*Figura N° 12. Vaciado concreto patrón*

- d) Luego de realizar la muestra del patrón, se procede a realizar el concreto con adición de caucho 3%, 7% y 10%, primero se pesó el cemento, piedra chancada, arena, caucho 3%, agua en una balanza calibrada. Para el mezclado de estos concretos de estudio primeramente se colocó los agregados y el cemento dentro del trompo, posteriormente se adicionó el caucho y finalmente agua y aditivo. Este proceso se realizó para obtener una mezcla homogénea según se aprecia en la *Figura N° 13*.



Figura N° 13. Mezcla de Concreto 3%, 7% y 10% de caucho

- e) Una vez obtenida las mezclas homogéneas del concreto con adición de 3%, 7% y 10% de caucho, se realizó el ensayo del cono de abrams siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C143, el cual consiste en rellenar de concreto el cono compactando en 3 capas, cada una de ellas deberá dar 25 golpes y llenarlo a tope. Posterior a ello el cono será retirado en no más de 5 segundos para luego realizar la medición desde la parte más alta del concreto hasta el fondo de la varilla como se observa en la *Figura N° 14*.



Figura N° 14. Ensayo de Slump de 3%, 7% y 10 % de caucho

- f) Después del ensayo de slump del concreto con adición de 3% de caucho, se procede a llenar los moldes cilíndricos 15cm x 30cm, viguetas 15cm x 50cm x 15cm como se aprecia en la *Figura N° 15*.



*Figura N° 15. Vaciado de concreto con 3%, 7% y 10 % de caucho*

Paso 04: Traslado de Probetas cilíndricas y viguetas

- a) Una vez obtenida el total de probetas y vigas se trasladan al laboratorio CONCEDYS y MTL GEOTÉCNIA S.A.C para su primer curado a los 7 días como se aprecia en la *Figura N° 16*, comenzando con el concreto patrón y seguidamente 3%, 7% y 10% de caucho reciclado.



*Figura N° 16. Curado del concreto patrón*

### Paso 05: Ensayos de Concreto Endurecido

- a) Los 36 testigos cilíndricos en el laboratorio CONCEDYS se ensayaron la resistencia a compresión estas se basan al ASTM C39-07 y las Normas Técnicas Peruanas NTP 339-034-11, que consiste en aplicar una carga puntual a las probetas con una distribución de 0%,3%, ,7% y 10% en los días siguientes 7,14 y 28 como se aprecia en la *Figura N° 17*.



*Figura N°17.* Ensayo a compresión de probetas cilíndricas

- b) Los 36 testigos cilíndricos en el laboratorio MTL GEOTECNIA S.A.C se ensayo la resistencia a tracción diametral como se observa en la *Figura N° 19*, que consiste en aplicar una carga a lo largo de la longitud de la probeta cilíndrica con una distribución de 3%, 7% y 10 % de caucho, para los días 7, 14 y 21 días de curado como se aprecia en la siguiente *Figura N°18*.



Figura N° 18. Ensayo a tracción diametral de probetas cilíndricas de concreto patrón, 3%, 7% y 10% de caucho

- c) Los 8 testigos de viguetas en laboratorio se ensayaron la resistencia a flexión estas se basan al ASTM C78, módulo de rotura con una distribución de 0%,3%, ,7% y 10% a los 21 días con una resistencia del 90% para el máximo de curado tal como se muestra en la Figura N°19.

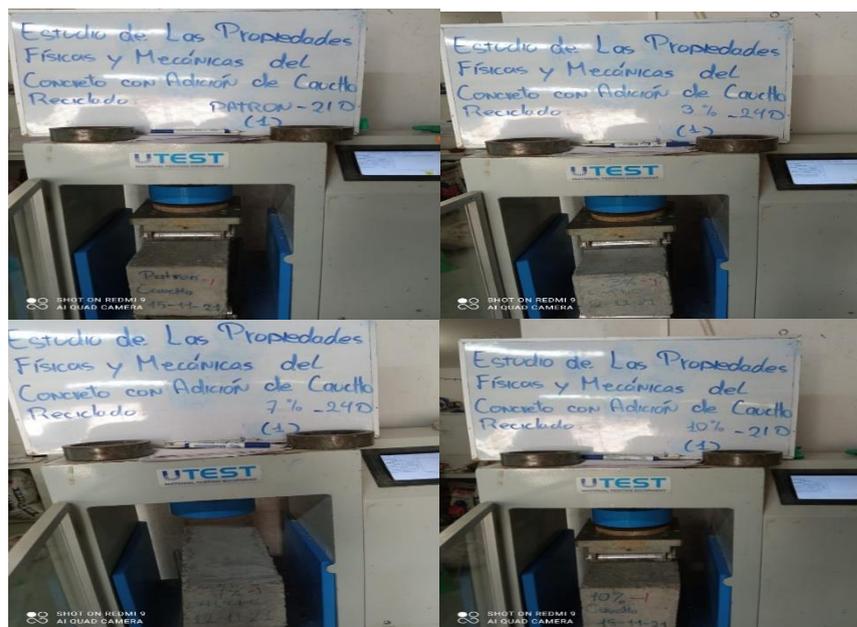


Figura N° 19. Ensayo a flexión de vigas de concreto patrón, 3%, 7% y 10% de caucho

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

En el análisis de los datos encontramos dos (02) cuestiones, primero los modelos estadísticos son representaciones de la realidad mas no la realidad misma, y segundo que los resultados numéricos siempre se interpretan en contexto (Hernández et al., 2014, p. 270). Es por ello, que los datos obtenidos durante los ensayos de estudio son procesados en la herramienta Microsoft, bajo los criterios de diseño y calidad de concreto indicados en el RNE. E.060 y el código ACI 318-14 . Así mismos, los parámetros indicados son indispensables para el para la evaluación y aceptación del concreto.

### **3.7 Aspectos éticos**

La presente investigación tiene ética profesional puesto que guarda los lineamientos de la guía de elaboración de productos observables UCV (Versión 2021) y siguiendo la dirección del asesor institucional. Por otro lado, las citas descritas en el desarrollo de la investigación se realizaron en base a la Norma International Organization for Standardization (ISO).

En los antecedentes mencionados los porcentajes a trabajar fueron de 5%, 10% y 15%, por lo contrario, en esta investigación se propone nuevos valores que comprenden el 0%,3%, 7% y 10% de caucho reciclado con respecto al peso del agregado fino que concluirán en un nuevo diseño de mezcla.

Finalmente, la investigación no fue alterada en sus resultados, también se siguieron los procedimientos de ensayos de acuerdo a las normas mencionadas en las técnicas e instrumento de recolección de datos anexados en esta investigación.

#### IV. RESULTADOS

Estos ensayos físicos del agregado de río colorado y caucho reciclado local obedecen las normas ASTM D2216 contenido de humedad, ASTM C136 de análisis granulométrico, ASTM C29 de peso unitario, ASTM C127 para peso específico del agregado grueso y ASTM C128 para el peso específico fino, determinando resultados siguientes:

Tabla N° 7: *Contenido de humedad del agregado*

CONTENIDO DE HUMEDAD				
DESCRIPCIÓN	Unidad	M-1	M-2	M-3
Peso de Recipiente + suelo húmedo	g	300	302.1	301.2
Peso de Recipiente + suelo seco	g	282	284	281.5
Peso de agua	g	18	18.1	19.7
Peso de recipiente	g	123	123	123
Peso de suelo seco	g	159	161	158.5
Contenido de humedad	g	0.11	0.11	0.12
% de humedad	%	11.32	11.24	12.43
% de humedad promedio	%	11.66		

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de humedad se determina con el secado al horno, este es diferenciado por su estado inicial y la cantidad faltante es entendido como el agua que contenía el agregado de río colorado, la tabla N° 7 nos evidencia resultados donde el porcentaje de humedad es de 11.66% para un peso seco promedio de 159.5 gramos, estos obedecen en su cálculo y especificación a la norma ASTM D2216 y NTP 339.185.2002.

Tabla N° 8: *Análisis granulométrico del agregado grueso*

TAMI Z	ABERT. mm	PES O RET.	%RE T.	%RE T.AC.	%Q' PASA	ESPECIF ICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.60		0.0	0.0	100.0		<b>UBICACIÓN:</b> Villa Rica  <b>MUESTRA:</b> Agregado grueso  <b>MATERIAL:</b> Piedra
3"	76.200		0.0	0.0	100.0		
2 ½"	63.500		0.0	0.0	100.0		
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	100	
1 ½"	38.100	300	15.0	15.0	85	95-100	
1"	25.400	250	12.5	27.5	72.5		
¾"	19.050	420	21.0	48.5	51.5	35.70	

1/2"	12.700	330	16.5	65.0	35		<b>TAMAÑO MÁXIMO:</b> N° 1 1/2"	
3/8"	9.525	226	11.3	76.3	23.7	10-30		
1/4"	6.350	370	18.5	94.8	5.3			
#4	4.760	105	5.3	100.0	0.0	0-5		<b>PESO TOTAL:</b> 2000 gr.
#8	2.380	0.0	0.0	100.0	0.0			
#10	2.000	0.0	0.0	100.0	0.0			
#16	1.190	0.0	0.0	100.0	0.0			
#30	0.590	0.0	0.0	100.0	0.0			
#40	0.420	0.0	0.0	100.0	0.0			
#50	0.297	0.0	0.0	100.0	0.0			
#100	0.149	0.0	0.0	100.0	0.0			
#200	0.074	0.0	0.0	100.0	0.0			
<#200		0.0	0.0	100.0	0.0			

Fuente: Elaboración propia

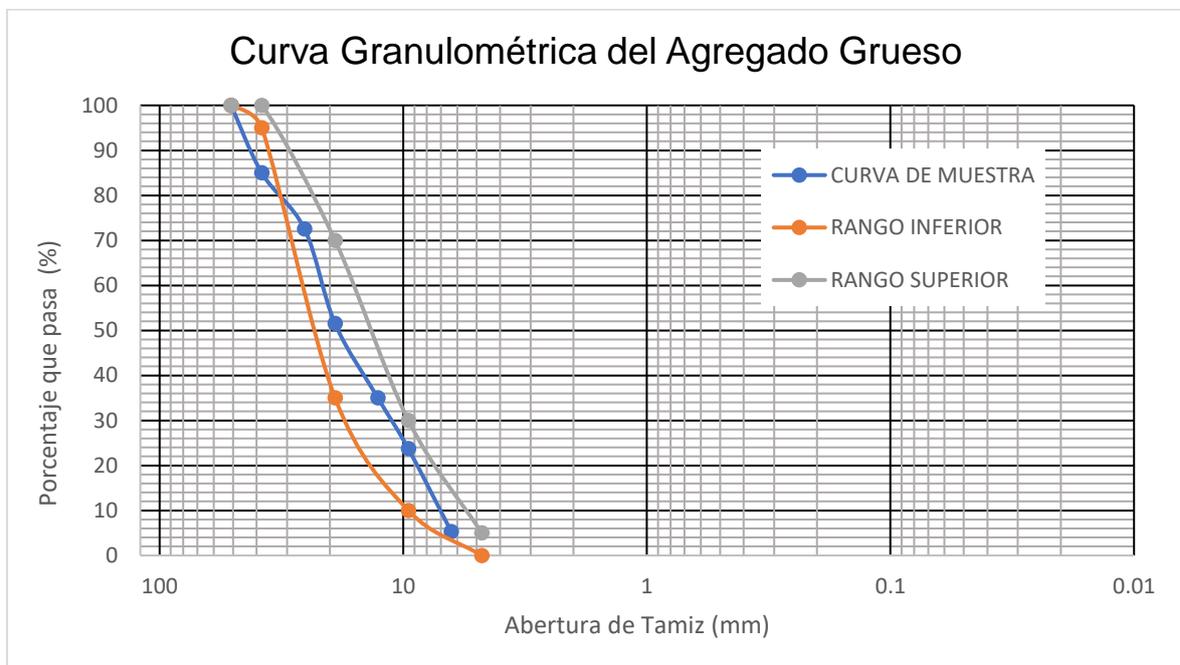


Gráfico N° 1: Curva granulométrica del agregado grueso

La granulometría de agregado grueso de cantera río colorado, consiste en el tamizaje de 2000 gramos de partículas especificadas en tamiz, este retiene y va clasificándolo según su tamaño en (mm), la Tabla N° 8 nos muestra que el tamaño máximo nominal es de 1 1/2 " y este queda retenido en la malla # 200. El gráfico N°1 nos muestra la curva granulométrica donde se puede apreciar que la curva de muestra está bajo los rangos superiores, que es evidencia positiva.

Tabla N° 9: *Peso Unitario suelto y compactado del agregado grueso*

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO				
Muestra N°		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente + muestra	kg	9422.53	9488.17	9455.35
Peso del recipiente	kg	6125.00	6125.00	6125.00
Peso de la muestra	kg	3297.53	3363.17	3330.35
Volumen	m3	2005.00	2005.00	2005.00
Peso unitario seco suelto	Kg/m3	1644.65	1677.39	1661.02
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO GRUESO		1661.02		
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO				
Muestra N°		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente + muestra	kg	9864.33	9744.23	9984.43
Peso del recipiente	kg	6125.00	6125.00	6125.00
Peso de la muestra	kg	3739.33	3619.23	3859.43
Volumen	m3	2005.00	2005.00	2005.00
Peso unitario seco suelto	Kg/m3	1865.00	1805.10	1924.90
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO GRUESO		1865.00		

Fuente: Elaboración propia

El peso unitario del agregado grueso de cantera río colorado obedece las normativas ASTM C29 y NTP 400.017, consiste en diferenciar los pesos del recipiente y muestra, este es llenado hasta el límite del recipiente sin esfuerzo a presión para finalmente dividir el peso de la muestra entre el volumen del recipiente, mientras que el compactado se llena de tres capas con apisonado de 25 golpes cada uno y con el rizado para compactar el contenido de aire, el procedimiento es el mismo que el unitario, tal como nos muestra la tabla N°9 obteniendo un peso unitario suelto de 1.66 g/cm<sup>3</sup> y compactado de 1.86 g/cm<sup>3</sup>, con acierto positivo.

Tabla N° 10: *Gravedad específica y absorción de agregado grueso*

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	Unidad	M-1	M-2	PROM.
Peso material Saturado Superficie seca (en aire)	g	856	857	
Peso material Saturado Superficie seca (en agua)	g	533	532	
Volumen de masa + volumen de vacíos	g	323	325	

Peso de material seco (105°C)	g	845.8	847	846.40
Volumen de masa	g	312.8	315	
Peso Bulk (base seca)		2.619	2.606	2.613
Peso Bulk (base saturada)		2.65	2.637	
Peso aparente (base seca)		2.704	2.689	
Porcentaje de absorción	(%)	1.21	1.18	1.20

Fuente: Elaboración propia

La gravedad específica de cantera río colorado cumple las normas ASTM C127 y ASSHTO T85, que consiste en hallar que relación tiene el agregado grueso de estudio con su unidad de volumen, esto para calcular su gravedad específica seca, saturada y aparente con la finalidad de conseguir el porcentaje que absorbe el material por sus poros para la relación de vacíos, en la Tabla N° 10 nos revela resultados de un 1.20 % de absorción y gravedad específica que oscila entre 2.6 – 2.7.

Tabla N° 11: *Análisis granulométrico del agregado fino*

TAMI Z	ABERT. mm	PESO RET.	%RE T.	%RET. AC.	%Q' PASA	ESPECI FICACI ÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.60		0.0	0.0	100.00		<b>UBICACIÓN:</b> Villa Rica  <b>MUESTRA:</b> Agregado fino  <b>MATERIAL:</b> ARENA P' CONCRETO  <b>TAMAÑO MÁXIMO:</b> N° 4  <b>PESO TOTAL:</b> 1000 gr.  <b>M.FINEZA:</b> 3.02
3"	76.200		0.0	0.0	100.00		
2 ½"	63.500		0.0	0.0	100.00		
2"	50.800		0.0	0.0	100.00		
1 ½"	38.100		0.0	0.0	100.00		
1"	25.400		0.0	0.0	100.00		
¾"	19.050		0.0	0.0	100.00		
½"	12.700		0.0	0.0	100.00		
3/8"	9.525		0.0	0.0	100.00	100	
¼"	6.350		0.0	0.0	100.00		
#4	4.760		0.0	0.0	100.00	95-100	
#8	2.380	95.0	9.5	9.5	90.5	80-100	
#10	2.000	130.0	13.0	22.5	77.5		
#16	1.190	155.0	15.5	38.0	62.0	50-85	
#30	0.590	180.0	18.0	56.0	44.0	25-60	
#40	0.420	175.0	17.5	73.5	26.5		
#50	0.297	155.0	15.5	89.0	11.0	10-30	
#100	0.149	200.0	20.0	109.6	-9.0	2-10	
#200	0.074	85.0	8.5	117.5	-17.5	0-3	
<#200		100.0	10.0	127.5	-27.5		

Fuente: Elaboración propia

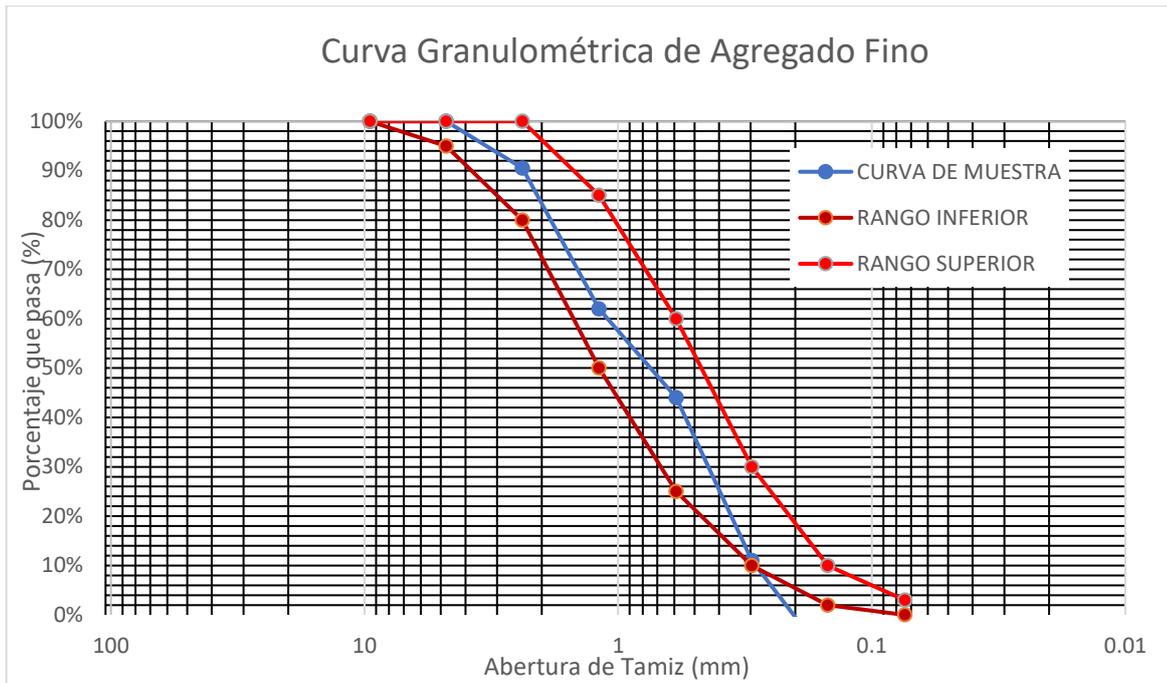


Gráfico N° 2: Curva granulométrica del agregado fino

La granulometría del agregado cantera río colorado de partículas finas, se resume en el tamizado y retención de 1000 gramos de fino por tamiz, estas son especificadas con las normativas ASTM C136 y la NTP 400.012, en la Tabla N° 11 y Gráfico N° 2 se observa que cumple los límites reglamentarios.

Tabla N° 12: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO				
Muestra N°		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente + muestra	kg	9341.00	9388.31	9293.69
Peso del recipiente	kg	6125.00	6125.00	6125.00
Peso de la muestra	kg	3216.00	3263.31	3168.69
Volumen	m <sup>3</sup>	2005.00	2005.00	2005.00
Peso unitario seco suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1603.99	1627.59	1580.39
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO GRUESO		<b>1603.99</b>		
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO				
Muestra N°		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente + muestra	kg	9665.15	9711.95	9758.75
Peso del recipiente	kg	6125.00	6125.00	6125.00
Peso de la muestra	kg	3540.15	3586.95	3633.75
Volumen	m <sup>3</sup>	2005.00	2005.00	2005.00

Peso unitario seco suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1765.66	1789.00	1812.34
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO GRUESO		<b>1789.00</b>		

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos de peso unitario para el agregado fino de cantera río colorado, en la Tabla N°12, expone sus resultados de un peso unitario suelto a 1.60 g/cm<sup>3</sup> y el compactado a 1.79 g/cm<sup>3</sup>, incrementa su relación de vacíos comparado con el material grueso.

Tabla N° 13: *Gravedad específica y absorción del agregado fino*

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	Unidad	M-1	M-2	PROM.
Peso material Saturado Superficie seca (en aire)	g	435.85	435.85	
Peso de frasco (25°C)	g	6000	6000	
Peso de frasco + agua (25°C)	g	6500	6500	
Peso de material + agua de frasco	g	6320	6320	
Volumen de masa + volumen de vacíos	g	170.67	170.65	
Peso de material seco (105°C)	g	430.15	430.30	430.23
Volumen de masa	g	164.97	165.12	
Peso Bulk (base seca)		2.52	2.522	2.521
Peso Bulk (base saturada)		2.554	2.554	
Peso aparente (base seca)		2.607	2.606	
Porcentaje de absorción	(%)	1.33	1.29	1.31

Fuente: Elaboración propia

La gravedad específica es adimensional y este representa la masa de agregado fino de cantera río colorado en su unidad de volumen como es el frasco a (25° C), este contiene mayor porcentaje de absorción que el grueso, tal como se muestra en la Tabla N°13 resultado de 1.31% de absorción y una gravedad específica que oscila entre 2.5 – 2.6, este obedece a las normativas de ASTM C128.

Tabla N° 14: *Análisis granulométrico del caucho*

TAMI Z	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
--------	-----------	-----------	-------	-----------	----------	----------------	---------------------------

4"	101.60		0.0	0.0	100.00	-	<b>UBICACIÓN:</b> Villa Rica  <b>MUESTRA:</b> Agregado fino  <b>MATERIAL:</b> Caucho  <b>TAMAÑO MÁXIMO:</b> N° 4  <b>PESO TOTAL:</b> 1000 gr.
3"	76.200		0.0	0.0	100.00	-	
2 ½"	63.500		0.0	0.0	100.00	-	
2"	50.800		0.0	0.0	100.00	-	
1 ½"	38.100		0.0	0.0	100.00	-	
1"	25.400		0.0	0.0	100.00	-	
¾"	19.050		0.0	0.0	100.00	-	
½"	12.700		0.0	0.0	100	-	
3/8"	9.525	15.5	1.55	1.55	98.45	-	
¼"	6.350	27.2	2.72	4.27	95.73	-	
#4	4.760	45.8	4.58	8.85	91.15	-	
#8	2.380	60	6.00	14.85	85.15	-	
#10	2.000	410	41.00	55.85	44.15	-	
#12	1.680	286.5	28.65	84.50	15.50	-	
#14	1.410	105.2	10.52	95.02	4.98	-	
#16	1.190	22.4	2.24	97.26	2.74	-	
#30	0.590	12	1.20	98.46	1.54	-	
#50	0.297	8	0.80	99.26	0.74	-	
#100	0.149	7.4	0.74	100.00	0.00	-	
#200	0.074		0.00	100.00	0.00	-	
<#200			0.00	100.00	0.00	-	

Fuente: Elaboración propia

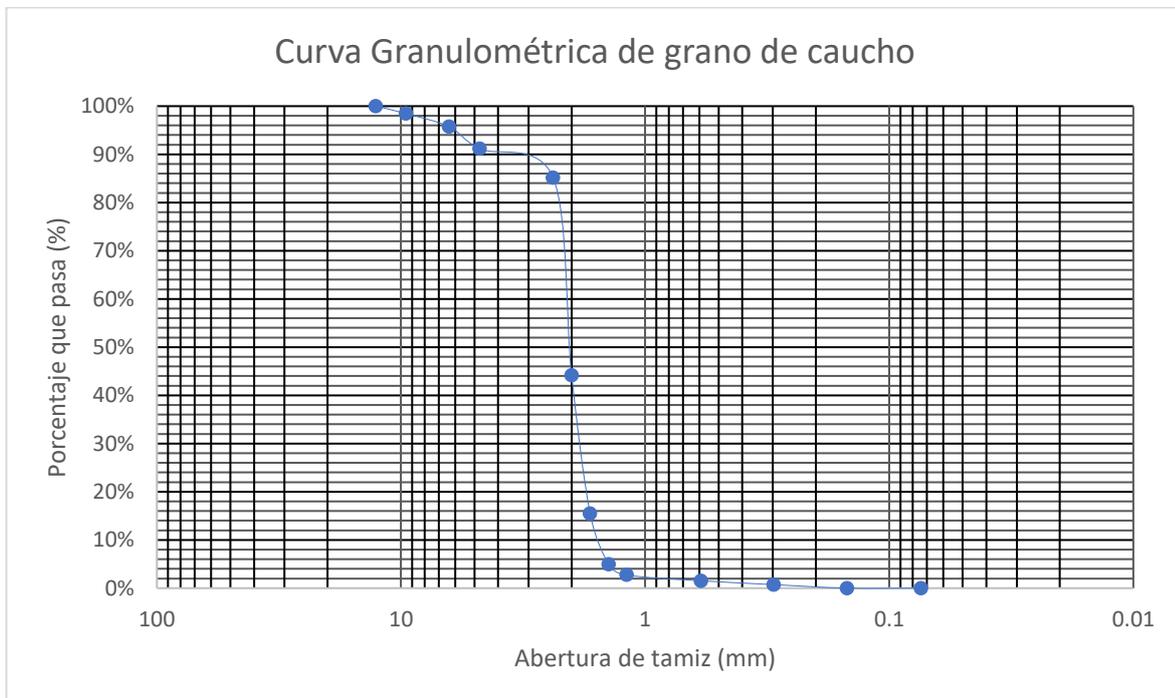


Gráfico N°3: Curva Granulométrica del caucho

El gránulo de caucho está comprendido entre el tamiz de 3/8" hasta el #100 tal como se muestra en la Tabla N°14 y el *Gráfico N°3*, de los 1000 gramos a tamizaje se puede concluir que el tamaño granular esta adecuado para el estudio de investigación que son de 1mm - 2.7 mm, para su granulometría se aplicó la normativa ASTM C136.

Se halló los ensayos mecánicos del producto de investigación con cumplimiento de normativas para estudiarlas comenzando con su desarrollo fresco, metódico como ACI Comité 211 a maduración de 21 días y aplicación de NTP, los resultados patentizan lo siguiente:

El surgimiento de una mezcla con denominación patrón del objeto de estudio que se ve en la Tabla N° 14, deriva mezclas de 3% CR, 7%CR y 10%CR que se distinguen sus proporciones de conformación, estas para especificar sus condiciones de elaboración para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y se muestran lo siguiente:

Tabla N°15: Diseño de Mezcla del Concreto Patrón

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO O g/cc	MÓDULO DE FINEZA	HUM.NA TURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO ANDINO (PORTLAND TIPO I)	3,61	-	-	-	-
AGREGADO FINO – CANTERA RIO COLORADO	2.52	3.02	-	1.21	1789
AGREGADO GRUESO – CANTERA RIO COLORADO	2.65	-	-	1.33	1865

A) VALORES DE DISEÑO

Tamaño Máximo de A/G	1 1/2"
Asentamiento SLUMP	2" – 4"
Relación A/C	6.00 gal/bol
Factor Cemento	54.00 / 6.00 = 9,00 bol/m3.
Aire atrapado	0.01
Agregado grueso	1865 x 0.70 = 1305.50 kg/m3.

B) VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Cemento	0.121
Agua	0.023
Aire Atrapado	0.010
Agregado Grueso	0.493
	<b>0.647</b>
Volumen agregado fino	0.353
	<b>1,000 m3.</b>
Peso agreg. Fino seco suelto:	0.353 x 2.52 x 1000 = 889.56 kg/m3.

C) CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

Cemento	9,00 * 42.5	382.50 kg.
Agua	54,00 * 3.785	204.39 kg.
Agreg.fino	-	889.56 kg.
Agregado Grueso	-	1305.50 kg.

D) CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
382.50	889.56	1305.50	204.39
382.50	382.50	382.50	382.50
1.00	2.33	3.41	0.53

A) EXPRESIÓN DE LOS MATERIALES EN PESO

Cemento	-	42.50 kg.
Agua	0.53 x 42.5	22.53 lt.
Agreg. Fino	2.33 x 42.5	99.03 kg.
Agreg. Grueso	3.41 x 42.5	144.93 kg.

E) CONVERSIÓN DE P3 A M3

Peso agreg. Fino	1789/35	51.11 kg.
Peso agreg. Grueso	1865/35	53.29 kg.

F) DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	42.50 / 42.50	1.00 p3.
Agreg. Fino	99.03 / 51.11	1.94 p3.
Agregado Grueso	144.93 / 53.29	2.72 p3.
Hormigón		4,66 p3.

Fuente: Elaboración propia

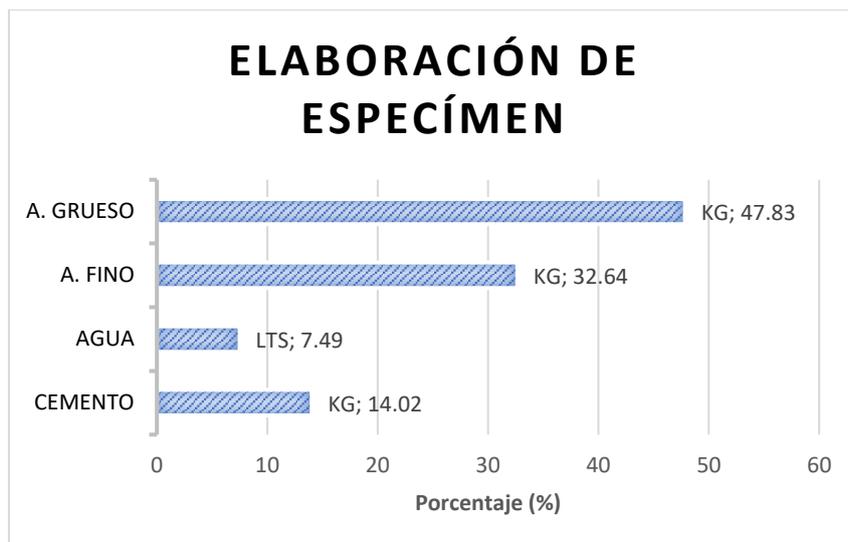


Gráfico N° 4: Especificación para 9 probetas cilíndricas (10x20 cm) + 2 vigas (15x15x50 cm) de mezcla patrón

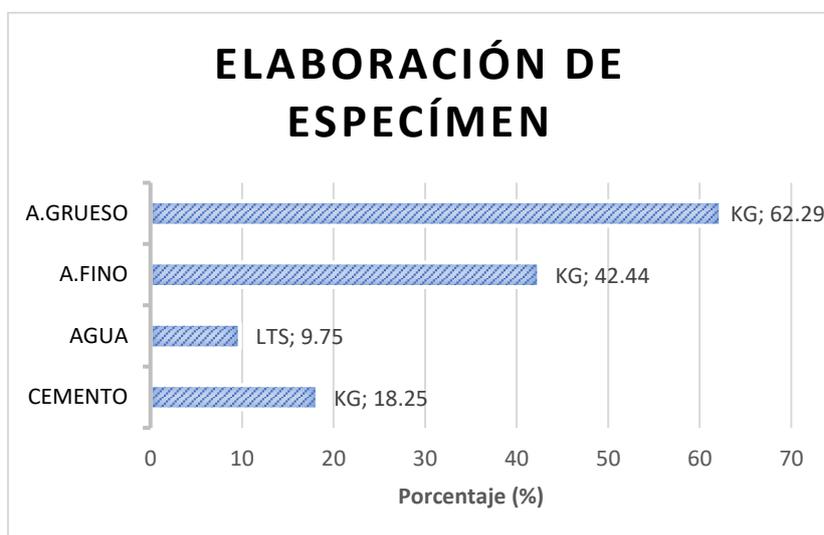


Gráfico N° 5: Especificación para 9 probetas cilíndricas (15x30 cm) de mezcla patrón

Tabla N° 16: Diseño de mezcla con adición de caucho de 3%

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MÓDULO DE FINEZA	HUM.NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO ANDINO (PORTLAND TIPO I)	3.61	-	-	-	-
AGREGADO FINO – CANTERA RIO COLORADO	2.52	3.02	-	1.21	1789
AGREGADO GRUESO – CANTERA RIO COLORADO	2.65	-	-	1.33	1865

A) VALORES DE DISEÑO

Tamaño Máximo de A/G	1 1/2"
Asentamiento SLUMP	3"
Relación A/C	6.00 gal/bol
Factor Cemento	54.00 / 6.00 = 9.00 bol/m3.
Aire atrapado	0.01
Agregado grueso	1865 x 0.70 = 1305.50 kg/m3.

B) VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Cemento	0.121
Agua	0.023
Aire Atrapado	0.010
Agregado Grueso	0.493
	<b>0.647</b>
Volumen agregado fino	0.353
	<b>1,000 m3.</b>
Peso agreg. Fino seco suelto:	0.353 x 2.52 x 1000 = 889.56 kg/m3

C) CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

Cemento	9.00 * 42.5	382.50 kg.
Agua	54.00 * 3.785	204.39 kg.
Agreg.fino	-	859.87 kg
Agregado Grueso	-	1305.50 kg.
Caucho (3%)	0.03 * 889.56	26.69 kg.

D) CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua	Caucho 3%
382.50	889.56	1305.50	204.39	26.69
382.50	382.50	382.50	382.50	382.50
1.00	2.33	3.41	0.53	0.07

E) EXPRESIÓN DE LOS MATERIALES EN PESO

Cemento	-	42.50 kg.
Agua	0.53 x 42.5	22.53 lt.
Agregado Fino	2.33 x 42.5	99.03 kg.
Agregado Grueso	3.41 x 42.5	144.93 kg.
Caucho (3%)	0.07 x 42.5	2.98 kg.

F) CONVERSIÓN DE P3 A M3

Peso agreg. Fino	1789/35	51.11 kg.
Peso agreg. Grueso	1865/35	53.29 kg.

G) DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	42.50 / 42.50	1.00 p3.
Agreg. Fino	99.03 / 51.11	1.94 p3.
Agregado Grueso	144.93 / 53.29	2.72 p3.
Hormigón		4.66 p3.

Fuente: Elaboración propia

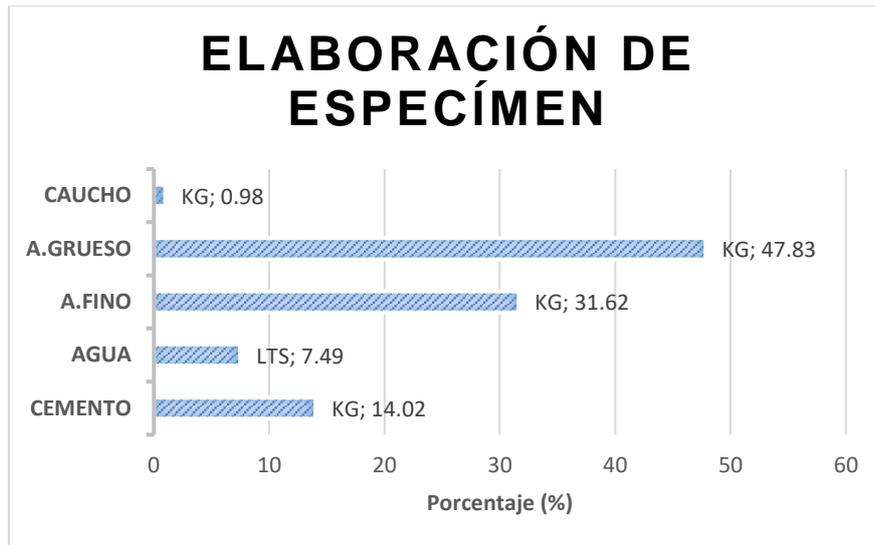


Gráfico N° 6: Especificación para 9 probetas cilíndricas (10x20 cm) + 2 vigas (15x15x50 cm) de 3% CR

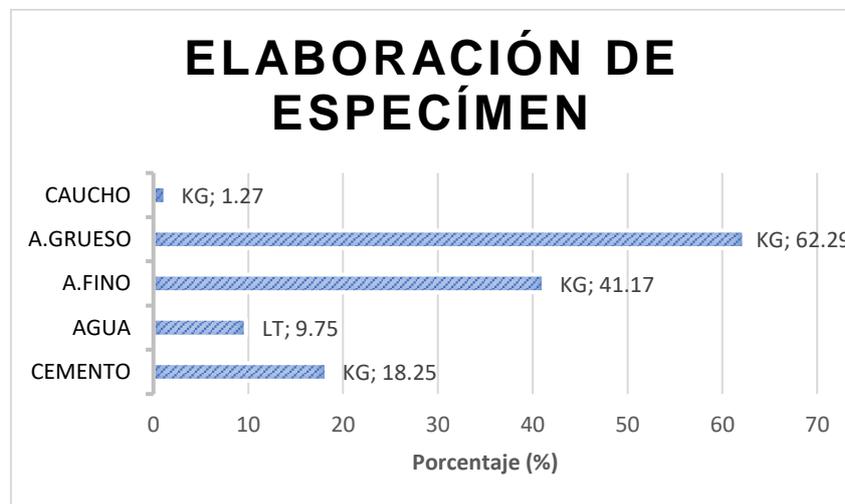


Gráfico N° 7: Especificación para 9 probetas cilíndricas (15x30 cm) de 3%CR

Tabla N° 17: Diseño con adición de Caucho de 7%

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MÓDULO DE FINEZA	HUM.NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO kg/m3
CEMENTO ANDINO (PORTLAND TIPO I)	3.61	-	-	-	-
AGREGADO FINO – CANTERA RIO COLORADO	2.52	3.02	-	1.21	1789
AGREGADO GRUESO – CANTERA RIO COLORADO	2.65	-	-	1.33	1865

A) VALORES DE DISEÑO

Tamaño Máximo de A/G	1 1/2"
Asentamiento SLUMP	3"
Relación A/C	6.00 gal/bol
Factor Cemento	54.00 / 6.00 = 9.00 bol/m3.
Aire atrapado	0.01
Agregado grueso	1865 x 0.70 = 1305.50 kg/m3.

B) VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Cemento	0.121
Agua	0.023
Aire Atrapado	0.010
Agregado Grueso	0.493
	<b>0.647</b>
Volumen agregado fino	0.353
	<b>1,000 m3.</b>
Peso agreg. Fino seco suelto:	0.353 x 2.52 x 1000 = 889.56 kg/m3.

C) CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

Cemento	9.00 * 42.5	382.50 kg.
Agua	54.00 * 3.785	204.39 kg.
Agregado fino	-	827.29 kg
Agregado Grueso	-	1305.50 kg.
Caucho (7%)	0.07 * 889.56	62.27 kg.

D) CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua	Caucho 7%
382.50	889.56	1305.50	204.39	62.27
382.50	382.50	382.50	382.50	382.50
1.00	2.33	3.41	0.53	0.16

E) EXPRESIÓN DE LOS MATERIALES EN PESO

Cemento	-	42.50 kg.
Agua	0.53 x 42.5	22.53 lt.
Agregado Fino	2.33 x 42.5	99.03 kg.
Agregado Grueso	3.41 x 42.5	144.93 kg.
Caucho (7%)	0.16 x 42.5	6.80 kg.

F) CONVERSIÓN DE P3 A M3

Peso agreg. Fino	1789/35	51.11 kg.
Peso agreg. Grueso	1865/35	53.29 kg.

G) DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	42.50 / 42.50	1.00 p3.
Agreg. Fino	99.03 / 51.11	1.94 p3.
Agregado Grueso	144.93 / 53.29	2.72 p3.
Hormigón		4.66 p3.

Fuente: Elaboración propia

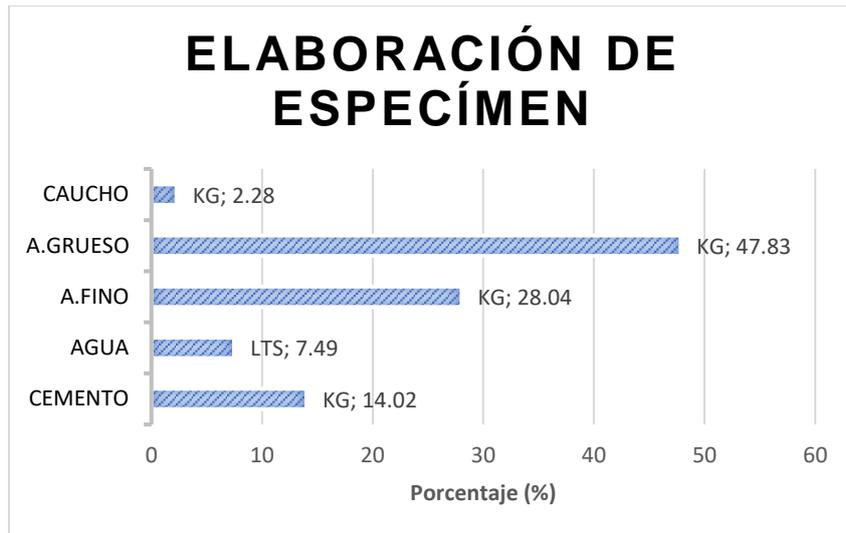


Gráfico N° 8: especificación para 9 probetas cilíndricas (10x20 cm) + 2 vigas (15x15x50 cm) de 7%CR

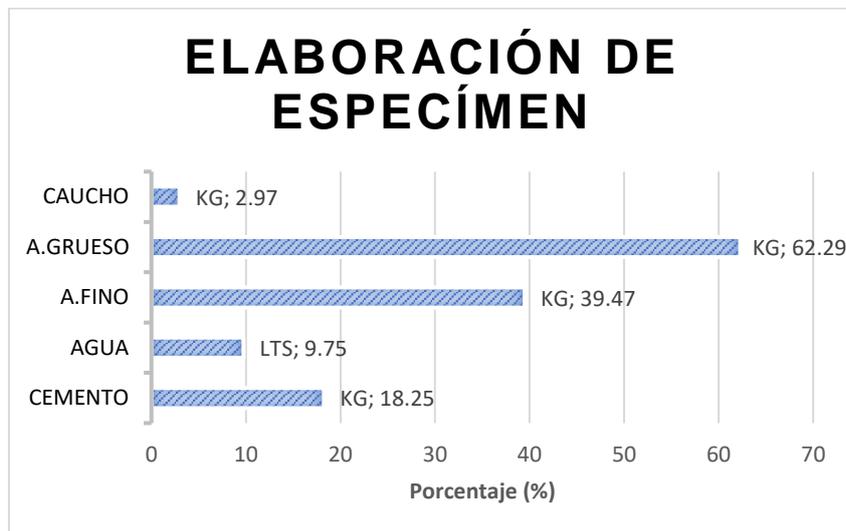


Gráfico N° 9: especificación para 9 probetas cilíndricas (15x30 cm) de 7%CR

Tabla N° 18: Diseño con adición de Caucho de 10%

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MÓDULO DE FINEZA	HUM.NATUR AL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO kg/m3
CEMENTO ANDINO (PORTLAND TIPO I)	3.61	-	-	-	-
AGREGADO FINO – CANTERA RIO COLORADO	2.52	3.02	-	1.21	1789
AGREGADO GRUESO – CANTERA RIO COLORADO	2.65	-	-	1.33	1865

A) VALORES DE DISEÑO

Tamaño Máximo de A/G	1 1/2"
Asentamiento SLUMP	3"
Relación A/C	6.00 gal/bol
Factor Cemento	54.00 / 6.00 = 9.00 bol/m3.
Aire atrapado	0.01
Agregado grueso	1865 x 0.70 = 1305.50 kg/m3.

B) VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Cemento	0.121
Agua	0.023
Aire Atrapado	0.010
Agregado Grueso	0.493
	<b>0.647</b>
Volumen agregado fino	0.353
	<b>1,000 m3.</b>
Peso agreg. Fino seco suelto:	0.353 x 2.52 x 1000 = 889.56 kg/m3

C) CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

Cemento	9.00 * 42.5	382.50 kg.
Agua	54.00 * 3.785	204.39 kg.
Agregado fino	-	800.6 kg
Agregado Grueso	-	1305.50 kg.
Caucho (10%)	0.10 * 889.56	88.96 kg.

D) CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua	Caucho 10%
382.50	889.56	1305.50	204.39	88.96
382.50	382.50	382.50	382.50	382.50
1.00	2.33	3.41	0.53	0.23

E) EXPRESIÓN DE LOS MATERIALES EN PESO

Cemento	-	42.50 kg.
Agua	0.53 x 42.5	22.53 lt.
Agregado Fino	2.33 x 42.5	99.03 kg.
Agregado Grueso	3.41 x 42.5	144.93 kg.
Caucho (7%)	0.23 x 42.5	9.78 kg.

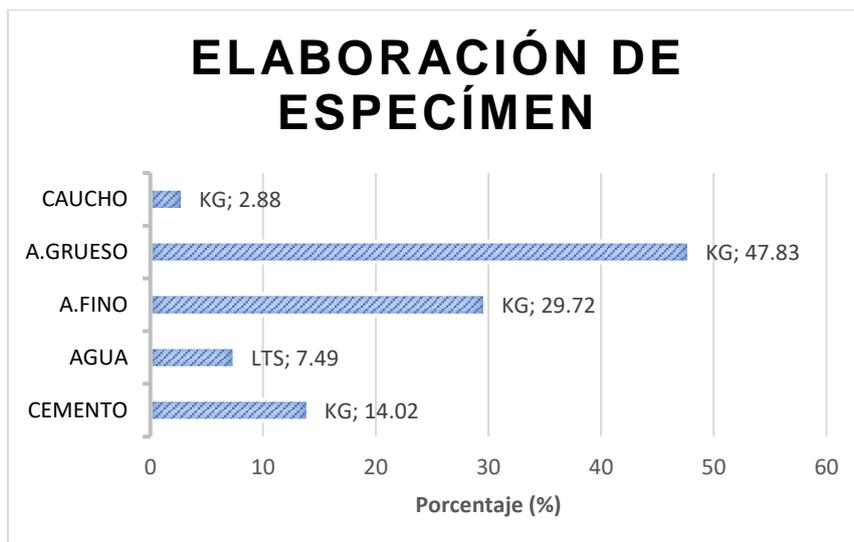
F) CONVERSIÓN DE P3 A M3

Peso agreg. Fino	1789/35	51.11 kg.
Peso agreg. Grueso	1865/35	53.29 kg.

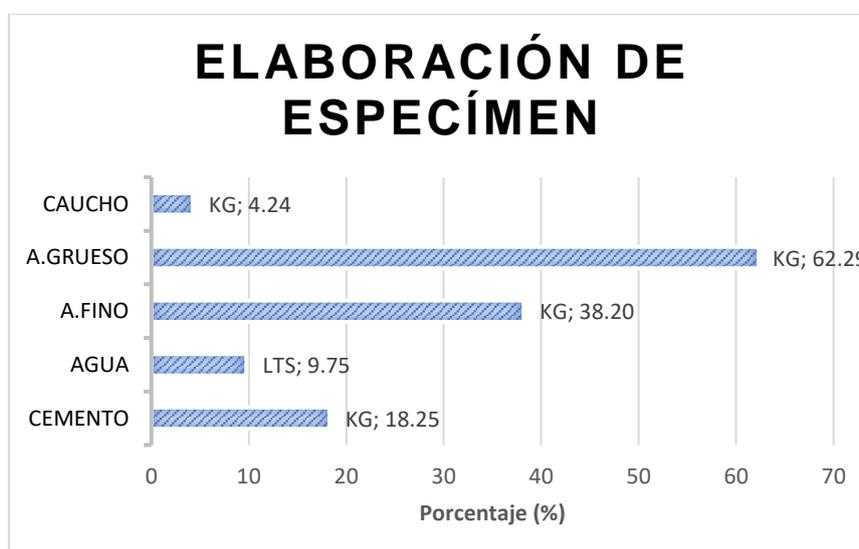
G) DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	42.50 / 42.50	1.00 p3.
Agreg. Fino	99.03 / 51.11	1.94 p3.
Agregado Grueso	144.93 / 53.29	2.72 p3.
Hormigón		4.66 p3.

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico N° 10: Especificación para 9 probetas cilíndricas (10x20 cm) + 2 vigas (15x15x50 cm) de 10%CR*



*Gráfico N° 11: Especificación para 9 probetas cilíndricas (15x30 cm) de 10%CR*

Para la elaboración de especímenes de probetas cilíndricas (15x30cm) o (10x20cm) y vigas (15x15x50 cm) se elaboraron con un margen de sobrante de 0.05 por ciento, pero en los gráficos están detallados a sin margen de sobrante.

Para conocer su desprendimiento mecánico a modo de análisis del concreto, esto con el fin de conseguir las resistencias adecuadas al estudio, se empleó, metódicamente la ASTM C143 de interés su asentamiento y trabajabilidad. El curado y su elaboración de probetas por la NTP 339.033.2009, sus resultados evidenciaron:

Tabla N°19: Variación de Slump

Concreto	Slump (plg)	Slump (plg)
Patrón	3 1/4"	3.25
3% CR	3"	3.00
7% CR	2 3/4"	2.75
10% CFR	2 2/4"	2.50

Fuente: Elaboración propia

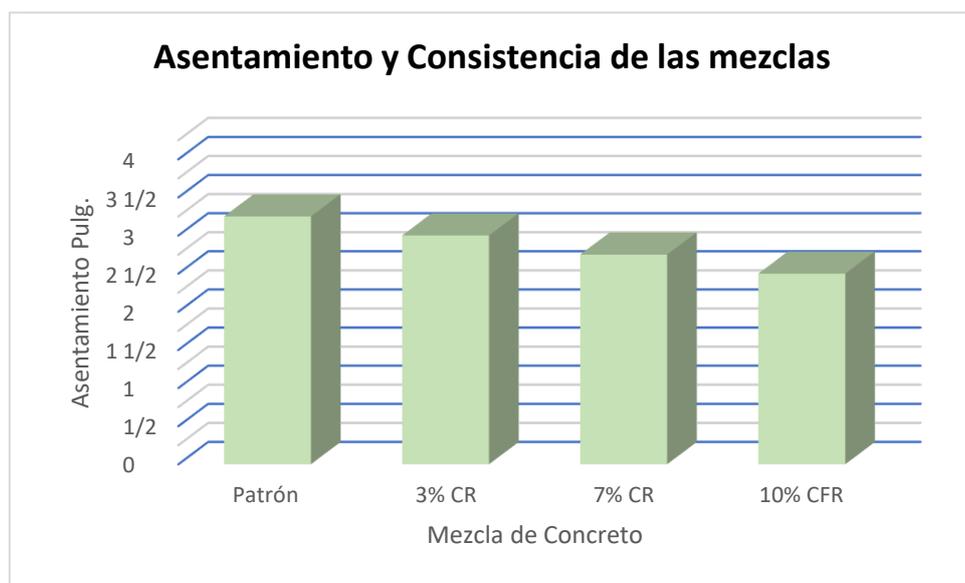


Gráfico N° 12: Asentamiento y trabajabilidad de las mezclas de estudio

Mediante más agregado de caucho se le conforma a la mezcla, se muestra slump 3 1/4" a 2 2/4" disminuyendo su asentamiento y es inversamente proporcional a la trabajabilidad, tal como se muestra en el Gráfico N° 4.

Este estado óptimo y endurecimiento de testigos, con un 90% se da a los 21 días, metódico como ASTM C39 para cargas puntuales, ASTM C496 cargas a lo largo de su longitud y ASTM C78 para rotura de tercias parte del testigo, se evidencia lo siguiente:

Tabla N°20: Resistencia a la compresión a los 7 días de curado

Porcentaje de Caucho	Probetas	Resistencia a la compresión especificada (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza Máxima kgf	Resistencia a la compresión a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
	P-1	210	16708.9	209.30	

<b>PATRÓN</b>	P-2	210	16653.0	208.60	209.40
	P-3	210	16788.7	210.30	
<b>3% CR</b>	P-4	210	16397.6	205.40	205.67
	P-5	210	16461.4	206.20	
	P-6	210	16397.6	205.40	
<b>7% CR</b>	P-7	210	14617.3	183.10	181.00
	P-8	210	14345.9	179.70	
	P-9	210	14385.8	180.20	
<b>10% CR</b>	P-10	210	13507.6	169.20	171.27
	P-11	210	13659.3	171.10	
	P-12	210	13850.9	173.50	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21: Resistencia a la compresión a los 14 días de curado

<b>Porcentaje de Caucho</b>	<b>Probetas</b>	<b>Resistencia a la compresión especificada (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fuerza Máxima kgf</b>	<b>Resistencia a la compresión a los 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia promedio f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>PATRÓN</b>	P-13	210	16677.0	208.90	209.73
	P-14	210	16780.8	210.20	
	P-15	210	16772.8	210.10	
<b>3% CR</b>	P-16	210	16884.5	211.50	210.30
	P-17	210	16860.6	211.20	
	P-18	210	16621.1	208.20	
<b>7% CR</b>	P-19	210	14673.2	183.80	180.57
	P-20	210	14186.2	177.70	
	P-21	210	14385.8	180.20	
<b>10% CR</b>	P-22	210	13579.5	170.10	173.77
	P-23	210	13882.8	173.90	
	P-24	210	14154.3	177.30	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 22: Resistencia a la compresión a los 28 días de curado

Porcentaje de Caucho	Probetas	Resistencia a la compresión especificada (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza Máxima kgf	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PATRÓN</b>	P-25	210	19646.7	246.10	245.97
	P-26	210	19519.0	244.50	
	P-27	210	19742.5	247.30	
<b>3% CR</b>	P-28	210	18720.7	234.50	237.83
	P-29	210	19056.0	238.70	
	P-30	210	19183.7	240.30	
<b>7% CR</b>	P-31	210	17060.2	213.70	211.83
	P-32	210	16700.9	209.20	
	P-33	210	16972.4	212.60	
<b>10% CR</b>	P-34	210	13914.8	174.30	175.40
	P-35	210	14170.2	177.50	
	P-36	210	13922.8	174.40	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23: Máxima resistencia en curados de 7, 14 y 28 días

Porcentaje de Caucho	Resistencia a la compresión a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje	Resistencia a la compresión a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje
<b>PATRÓN</b>	209.40	<b>99.71 %</b>	209.73	<b>99.87 %</b>	245.97	<b>117.13 %</b>
<b>3% CR</b>	205.67	<b>97.94 %</b>	210.30	<b>100.14 %</b>	237.83	<b>112.87 %</b>

<b>7% CR</b>	181.00	<b>86.19 %</b>	180.57	<b>85.99 %</b>	211.83	<b>100.87 %</b>
<b>10% CR</b>	171.27	<b>81.56 %</b>	173.77	<b>82.75 %</b>	175.40	<b>83.52 %</b>

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos a compresión en la Tabla N° 23 nos muestran que a los 28 días el concreto patrón mantiene una resistencia de 245.97 kg/cm<sup>2</sup>, siendo este el porcentaje más alto que los demás diseños de mezcla.

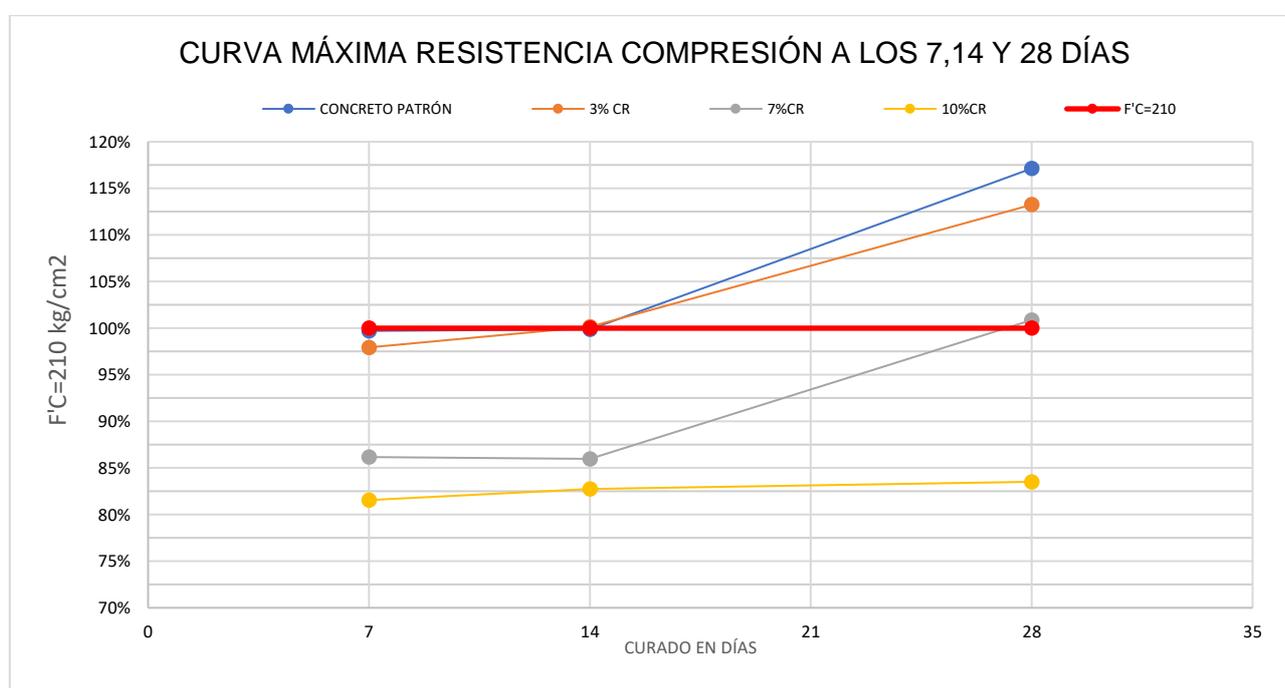


Gráfico N°13: Máxima resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de curado de las mezclas patrón, 3%CR, 7%CR y 10%CR

La representación del Gráfico N°13 y los resultados de los ensayos a compresión denotados por la Tabla N° 23 nos confirma que el 3%CR y 7%CR a los 28 días cumplen las expectativas del estudio de resistencia de este proyecto y obediencia de ASTM C39, siendo el más óptimo el de 3%CR.

Tabla N°24: Resistencia a la tracción diametral en curados de 7 días

Identificación	Edad	Fuerza máxima (kg)	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Kg/cm <sup>2</sup>
----------------	------	--------------------	--------------------------------	-----------------------------

PATRÓN (1)	7	8687.844	27.65	26.74
PATRÓN (2)	7	8412.525	26.78	
PATRÓN (3)	7	8106.615	25.80	
3% CR (4)	7	7688.538	24.47	24.54
3% CR (5)	7	7566.174	24.08	
3% CR (6)	7	7872.084	25.06	
7% CR (7)	7	6026.427	19.18	19.72
7% CR (8)	7	6322.14	20.12	
7% CR (9)	7	6240.564	19.86	
10% CR (10)	7	4925.151	15.68	15.31
10% CR (11)	7	5169.879	16.46	
10% CR (12)	7	4333.725	13.79	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Resistencia a la tracción diametral en curados de 14 días

Identificación	Edad	Fuerza máxima (kg)	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (13)	14	8963.163	28.53	28.79
PATRÓN (14)	14	9065.133	28.86	
PATRÓN (15)	14	9105.921	28.99	
3% CR (16)	14	8045.433	25.61	26.03
3% CR (17)	14	8422.722	26.81	
3% CR (18)	14	8065.827	25.67	
7% CR (19)	14	7025.733	22.36	22.34
7% CR (20)	14	7362.234	23.43	
7% CR (21)	14	6668.838	21.23	
10% CR (22)	14	5649.138	17.98	17.29
10% CR (23)	14	5282.046	16.81	
10% CR (24)	14	5363.622	17.07	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 26: Resistencia a la tracción diametral en curados de 21 días

Identificación	Edad	Fuerza máxima (kg)	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (25)	21	9207.891	29.31	30.49
PATRÓN (26)	21	9911.484	31.55	
PATRÓN (27)	21	9615.771	30.61	
3% CR (28)	21	8514.495	27.10	28.07
3% CR (29)	21	8820.405	28.08	
3% CR (30)	21	9116.118	29.02	
7% CR (31)	21	7668.144	24.41	25.32
7% CR (32)	21	7617.159	24.25	
7% CR (33)	21	8575.677	27.30	

10% CR (34)	21	7290.855	23.21	22.27
10% CR (35)	21	7005.339	22.30	
10% CR (36)	21	6689.232	21.29	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 27: *Máxima resistencia de tracción en curado de 7, 14 y 21 días*

Porcentaje de Caucho	Resistencia a la tracción a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje	Resistencia a la tracción a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje	Resistencia a la tracción a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje
<b>PATRÓN</b>	26.74	<b>87.70%</b>	28.79	<b>94.42%</b>	30.49	<b>100%</b>
<b>3% CR</b>	24.54	<b>80.49%</b>	26.03	<b>85.37%</b>	28.07	<b>92.06%</b>
<b>7% CR</b>	19.72	<b>64.68%</b>	22.34	<b>73.27%</b>	25.32	<b>83.04%</b>
<b>10% CR</b>	15.31	<b>50.21%</b>	17.29	<b>56.71%</b>	22.27	<b>73.04%</b>

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N° 27 nos muestra que la resistencia máxima es el espécimen patrón con una resistencia a los 21 días de curado de 30.49 kg/cm<sup>2</sup>, esto es con un avance del 90% de maduración y resistencia, mientras el 3%CR esta cerca del óptimo a cumplir la especificación de resistencia, siendo a los 28 días mas beneficioso.

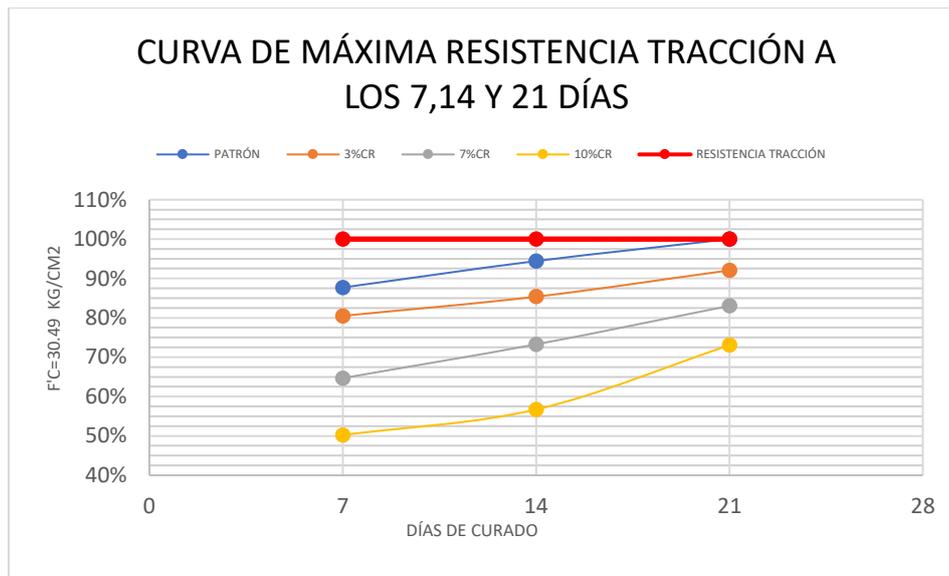


Gráfico N°14: Máxima resistencia a tracción a los 7, 14 y 21 días de curado de las mezclas patrón, 3%CR, 7%CR y 10%CR

En el *Grafico N° 14* se muestra la variación de líneas etiquetadas por tipo de espécimen con adición en porcentaje de caucho perdiendo su resistencia a los 7 y 14 días, mientras que a los 21 días el mas cercano a la línea de espécimen patrón es el de 3% CR.

Tabla N° 28: Resistencia a la flexión a los 21 días de curado

Identificación	Días	Carga Máxima (kg-f)	Módulo de Rotura kg-f/cm <sup>2</sup>	PROMEDIO Kg-f/cm <sup>2</sup>	Porcentaje
PATRÓN (1)	21	2926.5	39.02	43.44	100%
PATRÓN (2)	21	3589.3	47.86		
CR 3% (1)	21	2855.2	38.07	41.33	95.14%
CR 3% (2)	21	3344.6	44.59		
CR 7% (1)	21	3334.4	44.46	45.00	103.6%
CR 7% (2)	21	3416.0	45.55		
CR 10% (1)	21	3905.5	52.07	52.00	119.71%
CR 10% (2)	21	3895.3	51.94		

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos a flexión nos muestran que los especímenes de 7%CR y 10%CR sobrepasan el diseño promedio de resistencia de rotura de 43.44 kg/cm<sup>2</sup> con 103.6% y 119.71% respectivamente, además que su rotura esta dentro del tercio medio.



Gráfico N°15: Máxima resistencia a flexión a los 7, 14 y 21 días de curado de las mezclas patrón, 3%CR, 7%CR y 10%CR

La resistencia a flexión se va incrementando mediante la adición de porcentajes de 3%CR, 7%CR y 10%CR a los 21 días de curado con una maduración porcentual de 90.0, este se aplica a los tercios partes de la viga, este se halló considerando su promedio de 02 muestras por mezcla.

## V. DISCUSIÓN

Con los resultados de las propiedades físicas y mecánicas cabe considerar la hipótesis general que al adicionar gránulos de caucho para resistencias de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> deriva comportamientos físicos variantes y alentadores, el ensayo de revenimiento se ejecutó de acuerdo a la ASTM C143 Y NTP 339.035, especificaciones para la consistencia de la mezcla de estudio. En el Gráfico N° 12 por consecuente, se capta el asentamiento máximo en el Concreto Patrón de 3 ¼ “, además 3% CR con un asentamiento de 3”, seguidamente 7% CR con un asentamiento de 2 ¾ “y finalmente el 10% CR con asentamiento menor a los demás de 2.5”.

Los resultados del proyecto guardan relación con lo que explica Abanto & Tantalean (2020), aquellos que indican que para el diseño de mezcla  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> se obtuvo un asentamiento para el grupo G1 (patrón 0%), de 3”, para el grupo G2 (5% CR) un asentamiento de 2.6”, luego para el grupo G3 (15% CR), tuvo un asentamiento menor de 2.4” y además para el grupo G4 (15% CR), llevó un asentamiento de 2.1”, comparando con nuestros resultados nos demuestra que mientras más caucho se le agregue a la mezcla, menor es el revenimiento y trabajabilidad. Por otro lado, Lima & Lima (2020) sostienen que la adición de caucho mejoró la trabajabilidad del concreto, el concreto patrón con un asentamiento de 5.5”, mezcla con 4% de caucho un asentamiento de 6.5” y también las mezclas con 8% y 10% de caucho deriva un asentamiento de 8.0”, frente a ello mis resultados son inversas al asentamiento de sus resultados, esto se puede analizar y modo causal es por el uso adicional de aditivo Sikacem plastificante.

Con respecto a los resultados de rotura de probeta se aplicó la NTP 339.034.2009 para su elaboración de especímenes y curado hasta su maduración, también la ASTM C39, especificación para las presiones puntuales en las probetas cilíndricas, por consecuente revisando el Gráfico N° 13 y la Tabla N° 23 nos evidenció la capacidad de resistencia a compresión con 3%CR se da 112.87% y con 7%CR se da 100.87%, siendo la máxima resistencia el concreto patrón con un 117.13% todos mayores que el especificado de estudio.

Silvestre (2019) nos mencionan que, para una resistencia a los 28 días, la adición de caucho en porcentajes de 3%,5%,7% y 10% superó a la mezcla de estudio para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a los 7,14 y 28 días de curado, siendo la adición de 5% de caucho la mayor resistencia a

compresión con 115.08%. Incluso Abanto & Tantalean (2020) nos demostraron que la adición de caucho de 0% y 5% superan las expectativas de resistencia a la compresión con un 101.07% y 118.16% respectivamente.

Para ello nuestros ensayos a compresión para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con el fin de estudiar sus propiedades físicas y mecánicas, sostienen relación positiva con los resultados obtenidos por nuestra investigación en los hallazgos de Silvestre (2019) y Abanto & Tantalean (2020), patentando el caucho en reemplazos de árido fino por porcentajes de 3%, 5% y 7% de caucho. Por otra parte, Ledezma & Yauri (2018) nos sustenta que 25% de caucho disminuye la capacidad de resistencia a compresión hasta de un 80%, este descenso resulta positivo para la fabricación de adoquines peatonales, comparando con nuestros resultados, se consigue a preservar la resistencia máxima  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en porcentajes 3%CR y 7%CR.

Además, para tracción diametral se empleó la normativa ASTM C496, especificación de cargas a presión a lo largo de su longitud, analizando el Gráfico N°14 y Tabla N° 30 conseguimos la máxima resistencia a tracción al 90% (21 días de maduración), a causa de ello la mezcla patrón con 100% de esfuerzo y 3%CR deriva un 92.06% de esfuerzo a tracción, disminuyendo 8 a 9% su resistencia por las demás mezclas de estudio de nuestro proyecto. También para la flexión de vigas se basó en la normativa ASTM C78, especificación para roturas a la tercia parte de la viga por cada lado, a causa en la Tabla N° 27 y el Gráfico N° 14 se consiguió la resistencia máxima a los 21 días (90% de maduración), la adición de 7%CR y 10%CR superan a la mezcla patrón en 103.6% y 119.71%.

Sin embargo, Lima & Lima (2020) manifiestan que la rotura máxima a flexión se da con el concreto patrón acercándose el 4% de caucho reciclado por un 95.5% eficiente para pavimentos, mientras el 8% y 12% de caucho disminuyen su resistencia por 10 a 11 kg/cm<sup>2</sup>. Nuestros resultados revelan un mejoramiento de resistencia a la flexión con la adición de caucho reciclado, demostrando que el caucho en porcentajes como 7%CR y 10% CR si mejoran sus esfuerzos a flexión y posiblemente el 3%CR supere a la mezcla patrón en 7 días más.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se comprobó que la incorporación del caucho en 3%, 7% y 10% en reemplazo de finos de la mezcla patrón, disminuyen su capacidad de trabajabilidad en 0.25 cm respectivamente, siendo el 3%CR de trabajabilidad media con 3" de Slump.
2. Se encontró dosificaciones óptimas con la incorporación de caucho en 3% y 7% para esfuerzos a compresión, ya que a los 28 días de curado logran conseguir resistencias de 237.83 kg/cm<sup>2</sup> con 3%CR superando en 12.87% y 237.83 kg/cm<sup>2</sup> con 7%CR superando en 0.87% a la resistencia de diseño  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.
3. Se determinó que la incorporación de caucho reciclado para el concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, no ocasiona efectos negativos en cuanto a resistencia a la tracción, por el contrario, este va recuperando su resistencia según el tiempo de maduración. Para nuestro caso la incorporación de 3%CR obtiene una resistencia de 28.07 kg/cm<sup>2</sup> a los 21 días de curado con una diferencia de 7.94% del concreto de diseño.
4. Se descubrió que la adición de caucho reciclado en porcentajes superiores del 3%, produce resistencias a flexión superiores al concreto patrón, tales como el 7%CR con 45 kg/cm<sup>2</sup> aumentando el 10%CR que da 52 kg/cm<sup>2</sup>, superando el máximo porcentaje en 19.71% al concreto patrón  $M_r = 43.44$  kg/cm<sup>2</sup> a una maduración de 21 días.

## VII. RECOMENDACIONES

- Para investigaciones con fines de estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, se recomienda trabajar con diseños de mezcla en firmeza de 175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> con adición de caucho en porcentajes menores al 4%.
- Se recomienda ensayos a retracción con la misma relación de porcentajes de caucho a los 7, 14 y 28 días de curado para evaluar su expansión y fisuración del caucho que tiene la propiedad de poca adherencia.
- Se recomienda trabajar con gránulos de caucho de 1mm – 2.7 mm para investigaciones con respecto al comportamiento de flexión con porcentajes mayores al 10% de caucho.
- Considerando los resultados de los ensayos a compresión eficientes, se recomienda trabajar con porcentajes mayores al 7% de caucho para investigaciones de concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adoquines.
- Dado nuestro resultado de revenimiento y resistencia, se recomienda hacer ensayos físicos y mecánicos de concreto porosos con adición de caucho.

## REFERENCIAS

SOCIEDAD Latinoamericana de Tecnología del Caucho. 2017. 58, Latinoamérica : SLTC, 2017, STLCAUCHO.

ABANTO, Cesar y TANTALEAN, Euler. 2020. Efecto de la incorporación de caucho reciclado en el comportamiento del concreto para un pavimento rígido. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo-Perú : 2020.

LEDEZMA, Felipe y YAURI, Wilder. 2018. Diseño de Mezcla de Concreto para elaboración de adoquines con Material Reciclado de Neumáticos en la provincia de Huancavelica. Universidad Nacional de Huancavelica, Lircay : 2018.

LIMA, Luis y LIMA, Yony. 2020. Adición de caucho reciclado al concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> para el diseño de pavimento rígido en la Avenida Llanos, Ate 2020. Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2020.

LÓPEZ, Sebastián. 2018. Concreto Estructural con Agregados Triturado de LLantas Usadas. Universidad EIA, Colombia : 2018.

PÉREZ, Juan Carlos y ARRIETA, Yeison Leonardo. 2017. Estudio para caracterizar una Mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 PSI. Universidad Católica de Colombia, Bogotá : 2017.

SOTO, Mateo y MARÍN, Juan. 2019. Análisis del Concreto con caucho como aditivo para aligerar elementos estructurales. Universidad Libre Seccional, Pereira : 2019.

EYAD, Rashwan. 2016. Effects of pre-treated recycled tire rubber on fresh and mechanical properties of concrete. The Islamic University of Gaza, Gaza : 2016.

BOWEN, Xu. 2018. Behaviour of reinforced concrete members incorporating recycled rubber materials. Department of Civil and Environmental Engineering Imperial College London, London : 2018.

TWUMASI, Richard. 2014. Ground Tire Rubber as a Component. Florida State University Libraries, Florida : 2014.

SÁNCHEZ DE GUZMAN. Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 3 ed. Bogotá D.C: bhandar editores Ltda. 1996. 349p.

GRANADOS, José Luis. 2017. Comportamiento Mecánico de la Mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la Mezcla de asfalto Convencional. Universidad Ricardo Palma, Lima : 2017.

BUSTAMANTE, Diego Martín y DIAZ, Clara Angélica. 2014. Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Alivianado con Perlas de Poliestireno Expandido Reciclado. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN, AREQUIPA : 2014.

PIÉROLA, Demetrio. 2017. Optimización del Plan de Minado de Cantera de Caliza la Unión Distrito de Baños del Inca-Cajamarca. Universidad Nacional del Altiplano, Puno : 2017.

VANEGAS, Juliana M y Robles, Juan Pablo. 2008. Estudio Experimental de las Propiedades Mecánicas de Concreto Reciclado para su uso en Edificaciones Convencionales. Pontificia Universidad Javeriana, Bogota : 2008.

RIVVA López, Enrique;. 2000. Naturaleza y Materiales del Concreto. Primera Edición. Miraflores : PERUANO ACI, 2000

GONZALES, Manuel. 1962. Tecnología del Concreto Diseño de Mezclas. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima : 1962.

ERASO, Hernando y TORO, Carlos. 2006. MANUAL TÉCNICO DE CULTIVO DE CAUCHO(hevea basiliensis). Colombia : Futuro Ambiental, 2006.

INDUSTRIA y Tecnología en América Latina. Caucho, Asociación Civil de Tecnología del. 2019. 29, Buenos Aires : Revista SLTCAUCHO, 2019. ISSN 2618-4567.

ALFONZO, Antonia. 2016. Eco-Ladrillo a Base de Caucho Reciclado de Neumaticos fuera de uso. Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo : 2016

RAMOS, Gene Roberth. 2019. Diseño de una trituradora de neumáticos para reciclado y comercialización de migas de caucho, Arequipa,2018. (Tesis para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Mecánica), Arequipa : 2019.

REUTILIZACIÓN. RECICLADO Y DISPOSICIÓN FINAL DE NEUMÁTICOS. Guillermo. 2007. 2007, MECÁNICA F.I.U.B.A., pág. 60.

LUBO, Orlando Alberto y MARTÍNEZ, Roiman Andrés. 2019. Asfaltos modificados con cauchos en vías primarias en las ciudades Santa María, Barranquilla y Bogota como alternativa de mejoramiento de la capa de rodadura de los pavimentos flexibles entre los años 2012-2019. Universidad Cooperativa De Colombia, Santa María : 2019.

NTP. 2014. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias. Tercera. San Borja : INDECOPI, 2014.

NIÑO, Víctor. Metodología de la investigación. Colombia: Ediciones de la U, 2011. 155 pp. ISBN: 978-958-8675-94-7

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación. 3.<sup>a</sup> ed. México: Grupo Editorial Patria, 2017. 141 pp. ISBN: 978-607-744-748-1

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6.a ed. México, McGraw-Hill, 2014. 600 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0

SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos y MEJÍA, Katia. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2018, 144 pp. ISBN: 978-612-47351-4-1

INDUSTRIA de Tecnología en América Latina. Sociedad Latinoamericana de Tecnología del Caucho. 2018. Latinoamérica : SLTC, 2018, 59 pp.

LEAN Pavement Design – AASHTO 93 Verificado por Elementos Finitos para la Optimización de Pavimentos Urbanos de Concreto [Mensaje en blog]. Lima: BECERRA, M., (25 de noviembre de 2015). [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. Recuperado de <https://www.flujoalterno.pe/single-post/2015/11/25/LeanPavement-Design-%E2%80%93-AASHTO-93-Verificado-por-Elementos-Finitos-para-la-Optimizaci%C3%B3n-de-Pavimentos-Urbanos-de-Concreto>

CHINGUEL, R & FLORES, J.2019.Adoquín con adición de caucho granulado-reciclado para lograr un adecuado comportamiento al esfuerzo de compresión, Moyobamba, 2019. Universidad cesar vallejo, MOYOBAMBA-PERÚ:2019

MARÍN, E .2019. Influencia de la relación agua – cemento y contenido de caucho reciclado sobre la trabajabilidad y resistencia a la compresión en un concreto estructural a base de cemento portland tipo i. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, TRUJILLO – PERÚ :2019

CHAVARRI, A & RUBIO, M.2020.Efecto del caucho reciclado en la resistencia a compresión en adoquines de concreto diseñado para Pavimentos Articulado. UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, TRUJILLO – PERÚ :2020

LADINO, A & RUBIANO, A .2017. Adoquines en Asfalto Reciclado y Grano de Caucho Reciclado CBR. UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA, BOGOTA :2017

GAMBA, S.2015.Caracterización de las propiedades mecánicas de adoquines de concreto con adición de residuo de caucho reciclado producto de llantas usadas. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS, BOGOTA:2015

ESCOBAR, L.2019. Elaboración de Adoquines Flexibles a partir de fibra de caucho de neumáticos reciclados para revestimiento de pisos. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador :2019

GUZMAN, Y & GUZMAN, E.2015. Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote - 2015.Universidad Nacional de Santa, Nuevo Chimbote:2015

QUISPE, Y & MAYHUIRE, J.2019.Incorporación de Fibras de Caucho Neumático Reciclado influyen en el Comportamiento del Concreto Estructural en la Ciudad de Abancay, 2018.UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES, ABANCAY –APURIMAC:2019

SOTOMAYOR, D.2020.Efecto de la incorporación de caucho como Agregado y Micro sílice como Adición en el desempeño del Concreto Estructural. UNIVERSIDAD PRIVADA DE CIENCIAS APLICADAS, LIMA :2020

MORENO, Yheferzon y ROJAS, Erick. Análisis de las propiedades, físicas mecánicas de mezclas de concreto hidráulico adicionando con residuos de Pealpe en la ciudad de Villavicencio. Tesis (Optar título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, Escuela de Ingeniería Civil, 2016.116 pp.

CHOQUE, Leopoldo. Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Agregando Grafeno. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, Escuela Universitaria de Postgrado, 2021. 89 pp.

FLORES, K .2020. El uso de Caucho Reciclado y su Influencia en la caracterización Físico Mecánico del Concreto para la Elaboración de Adoquines. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, LIMA :2020

VENEGAS, C.2016. Evaluación del Comportamiento del Grano de Caucho de llanta reciclada en la producción de concreto para la Empresa Cementera Argos. UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, BOGOTA :2016

BARRETO, R.2015.Comportamiento Mecánico de una mezcla para Concreto Reciclado usando neumáticos triturados como reemplazo del 10%y 30%del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA :2015

ESTELA, R 2020. Influencia de la Incorporación de partículas de Caucho Reciclado en Concreto Poroso, en la ciudad de Jaen – Cajamarca. UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN, CAJAMARCA:2020

Diseño y Control de Mezclas de Concreto por Kosmatka, Steven [et al.]. 1ra ed. Chicago: Portland Cement Association, 2004. 444 pp.

## **ANEXOS**

**ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TÍTULO: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	INDEPENDIENTE	Adición de Caucho Reciclado	Granulometría	Tamaño promedio de partículas	Tamices	
¿Qué efecto produce en las propiedades físicas y mecánicas del concreto f’c= 210 kg/cm2 para estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto f’c= 210 kg/cm2 para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021.	Las propiedades físicas y mecánicas del concreto f’c=210 kg/cm2 para estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto mejoran con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021.			Dosificación		0%	-----
							3%	Balanza
							7%	Balanza
						10%	Balanza	
				Cantera Río Colorado	Análisis Granulométrico	Tamaño de partículas agregados	Tamices	
						Contenido de Humedad y Absorción	%	Balanza, horno Y recipiente
						Peso Unitario seco compactado	g/m <sup>3</sup>	Recipiente, balanza
						Peso específico del agregado grueso y fino	g/cm <sup>3</sup>	Balanza, horno
				Diseño de mezcla	Proporcionamiento de los materiales (Método ACI 211)	pie <sup>3</sup>	Carretilla	
			Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	DEPENDIENTE	Propiedad Físicas del concreto fresco	Trabajabilidad
¿Cómo determinar las propiedades físicas del concreto f’c= 210 kg/cm2 en estado fresco para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021?	Determinar las propiedades físicas del concreto f’c=210 kg/cm2 en estado fresco, con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021.	Las propiedades físicas del concreto f’c=210 kg/cm2 para estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto mejoran su trabajabilidad con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021.	Densidad	kg/m3	Molde, balanza			
			¿Cómo estimar el estudio de las propiedades mecánicas del concreto f’c=210 kg/cm2 en estado endurecido para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021?	Determinar las propiedades mecánicas del concreto f’c=210 kg/cm2 en estado endurecido, con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021.	Las propiedades mecánicas del concreto f’c=210 kg/cm2 para estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto aumenta su flexión, compresión y retracción con el diseño de mezcla con la adición de caucho reciclado y agregados de la cantera rio colorado, Villa Rica – Pasco 2021.		Propiedades Mecánicas del concreto endurecido	Compresión
Tracción por compresión diametral	kg/cm <sup>2</sup>	Prensa Hidráulica						
Flexión (MR)	kg/cm <sup>2</sup>	Prensa Hidráulica						

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### TÍTULO: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021

VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X1)</b> Adición de caucho reciclado	Se le denomina caucho reciclado, al caucho reutilizado de los neumáticos que ya acabaron su vida útil, los neumáticos reutilizables son además de una fuente de energía aprovechable, un residuo que al ser valorizado puede ser usado en infinidad de aplicaciones. (Cabanillas, 2017, p.33).	Se lleva a cabo el reciclaje de neumáticos que son desechados en la localidad de Villa Rica, para luego conseguir los gránulos del caucho con la trituración y también el análisis del material.	Propiedades físicas	Granulometría	Razón	<b>DISEÑO:</b> Experimental  <b>MÉTODO:</b> Científico  <b>ENFOQUE:</b> Cuantitativo  <b>NIVEL:</b> Descriptivo – Explicativo  <b>TIPO:</b> Aplicada  <b>POBLACIÓN:</b> Producción del concreto para el estudio de la investigación con la adición de caucho  <b>MUESTRA:</b> Son 36 probetas para Compresión, 36 probetas para tracción y 8 vigas para flexión.  <b>MUESTREO:</b> no probabilístico
			Dosificación	0% 3% 7% 10%		
			Análisis Granulométrico	Tamaño de partículas		
			Tamaño máximo y máximo nominal	Agregados Pulg		
			Contenido de Humedad	%		
			Absorción	%		
			Peso Unitario seco compactado	g/m <sup>3</sup>		
			Peso específico del agregado grueso	g/cm <sup>3</sup>		
			Peso específico del agregado fino	g/cm <sup>3</sup>		
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X2)</b> Cantera río colorado	[...] llamadas también canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas. (Piérola ,2017, p.19).	Se consigue a recoger la los agregados de la cantera río colorado en la localidad de Villa Rica, para su análisis granulométrico, tamaño, contenido de humedad, absorción, peso de los agregados, relación de vacíos y peso específico para agregado grueso y fino.				
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X3)</b> Diseño de Mezcla	El proceso de determinación de las características requeridas del concreto y que se pueden especificar se llama diseño de mezcla. Las características pueden incluir: propiedades del concreto fresco, propiedades mecánicas del concreto endurecido y la inclusión, exclusión o límites de ingredientes específicos. (Portland Cement Association, 2004, p.185).	Se consigue a hacer evaluar y estimar la mezcla de cemento, agua, agregados de la cantera río colorado y caucho reciclado.	Proporciónamiento de materiales (Método ACI 211)	pie <sup>3</sup>		
<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y1)</b> Propiedades físicas del concreto fresco	El concreto presenta tres estados cada uno con diferentes características físicas. El primero en su estado fresco. Este se da en la primera hora de elaborada la mezcla, donde se presenta una masa de alta manejabilidad y fluidez. (Moreno & Rojas, 2016, p.27).	Se diseña una mezcla patrón de concreto f'c=210 kg/cm, luego con esa mezcla se hace la dosificación con adición de caucho de 3%, 7% y 10% en reemplazo de finos. Se realiza cuatro mezclas respectivamente con diversas dimensiones para producir probetas y vigas, a estas se realiza el ensayo de revenimiento para evaluar su trabajabilidad y densidad y vaciado de probetas cilíndricas y vigas.	Trabajabilidad	slump (")		
			Densidad	kg/m <sup>3</sup>		
<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y2)</b> Propiedades mecánicas del concreto endurecido	Llamado de esta manera cuando el estado plástico alcanza el estado rígido, cuando comienza a ganar fuerza y endurecerse, se le llama hormigón endurecido. Considerado que en los proyectos de ingeniería civil que requieren a concreto recurrente a exigir resistencias óptimas de concreto. (Choque,2021, p.26).	Finalmente, con los testigos curados, evaluar las propiedades del concretos producidos en su estado endurecido determinando su compresión. tracción y flexión representados en kg/cm2 desde los 7 días de curado hasta el máximo de 28 días.	Compresión	kg/cm <sup>2</sup>		
			Tracción por compresión diametral	kg/cm <sup>2</sup>		
			Flexión (MR)	kg/cm <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: Resultados de Diseño de Mezcla para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

**SOLUCIONES EN INGENIERÍA**  
DE SUELOS Y CONSTRUCCIÓN CIVIL  
MECÁNICA DE PAVIMENTOS Y MATERIALES

Diseño by

**CERTIFICADO**  
**DISEÑO DE MEZCLA  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

**MATERIALES**

Cemento : Portland ASTM, Tipo I,  
 Agregado : CANTERA RIO COLORADO - VILLA RICA  
 PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO  $F'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> CON ADICCIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 20212"  
 SOLICITANTE : HUANUCO HIDALGO DANS LEVY  
 LOCALIZACION : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO".  
 Fecha : 01/10/21

**DATOS DE LABORATORIO**

	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Gravedad Específica	2,52	2,65
Modulo de Fineza	3,02	
% de Absorsión	1,21	1,33
Peso Unitario	1789	1865

**VALORES DE DISEÑO**

Tamaño Maximo A/G	11/2"
Asentamiento SLUMP	2" - 4"
Relación A/C	6,00 gal/bol
Factor Cemento	54,00 / 6,00 = 9,00 bol./m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	0,01
Agregado Grueso	1865 x 0,70 = 1305,50 Kg/m <sup>3</sup>

**VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS**

Cemento	9,00 x 42,5 / 3,15 / 1000	0,121
Agua	6,00 x 3,785 / 1000	0,023
Aire Atrapado	0,01	0,010
Agregado Grueso	1305,5 / 2,65 / 1000	0,493
		0,647
Volumen agreg. fino	1,000 - 0,647	0,353
		1,000 m <sup>3</sup>
Peso agreg. Fino seco suelto :	0,353 x 2,52 x 1000 =	889,56 kg/m <sup>3</sup>

Susam Ortiz Casas  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

Oscar Abraham Ortiz Jalán  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca Registrada en Indecopi  
 RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

Playa Hermosa - San Ramón - Chanchamayo

(064) 636643 - 964 672 241 - 964 725 319

consedis@hotmail.com

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

Cemento	9,00 * 42,5	382,50 kg
Agua	54,00 * 3,785	204,39 lt.
Agreg. fino		889,56 kg.
Agregado Grueso		1305,50 kg.

EXPRESION DE LAS PROPORCIONES EN PESO

382,50	889,56	1305,50	204,39
382,50	382,50	382,50	382,50
1,00	2,33	3,41	0,53

CANTIDAD DE MATERIALES POR BOLSA

Cemento		42,50 kg.
Agua	0,53 x 42,5	22,53 lt.
Agreg. fino	2,33 x 42,5	99,03 kg.
Agregado Grueso	3,41 x 42,5	144,93 kg.

CONVERSION DE P3 a M3

Peso Agreg. fino	1789 / 35	51,11 kg
Peso Agreg. Grueso	1865 / 35	53,29 kg

DOSIFICACION EN VOLUMEN

Cemento	42,50 / 42,50	1,00 p3
Agreg. fino	99,03 / 51,11	1,94 p3
Agregado Grueso	144,93 / 53,29	2,72 p3
Hormigon		4,66 p3

Muestra proporcionada por el interesado.

Susam Ortíz Casas  
INGENIERO CIVIL  
C.P. N° 85298

Oscar Abraham Ortíz Jahn  
C.M.P. DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

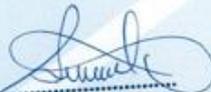
ANEXO 4: Resultado de Contenido de Humedad

**CERTIFICADO DE ENSAYO**

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**  
ASTM-D 2216

PROYECTO " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO F'c 210 Kg/cm2 CON ADICCIÓN RECI-  
CLADO, PASCO 2021 "  
SOLICITA HUANUCO HIDALGO DANS LEVY  
LOCALIZACION DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO | FECHA 12/10/2021

		C-1	M-1	M-2	M-3			
		CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	g	300.00	302.10	301.20				
Peso recipiente + suelo seco	g	282.00	284.00	281.50				
Peso de agua	g	18.00	18.10	19.70				
Peso de recipiente	g	0.00	123.00	123.00				
Peso de suelo seco	g	159.00	161.00	158.50				
Contenido de humedad	%	11.32	11.24	12.43			11.66	

  
  
Susam Ortiz Casas  
INGENIERO CIVIL  
C.P. N° 16268

  
Oscar Abraham Ortiz Jahn  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

ANEXO 5: Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso

**CERTIFICADO DE ENSAYO**  
**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO**  
**ASTM C127**

**PROYECTO:** "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021".

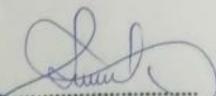
**SOLICITANTE:** HUÁNUCO HIDALGO DANS LEVY

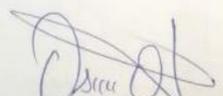
**LOCALIZACIÓN:** DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

**CANTERA:** RÍO COLORADO – VILLA RICA

**FECHA:**

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO				
Muestra N°		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente + muestra	kg	9422.53	9488.17	9455.35
Peso del recipiente	kg	6125.00	6125.00	6125.00
Peso de la muestra	kg	3297.53	3363.17	3330.35
Volumen	m3	2005.00	2005.00	2005.00
Peso unitario seco suelto	Kg/m3	1644.65	1677.39	1661.02
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO GRUESO			1661.02	
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO				
Muestra N°		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente + muestra	kg	9864.33	9744.23	9984.43
Peso del recipiente	kg	6125.00	6125.00	6125.00
Peso de la muestra	kg	3739.33	3619.23	3859.43
Volumen	m3	2005.00	2005.00	2005.00
Peso unitario seco suelto	Kg/m3	1865.00	1805.10	1924.90
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO GRUESO			1865.00	

  
**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
C.F. N° 85269

  
**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

ANEXO 6 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso



**SOLUCIONES EN INGENIERÍA**  
DE SUELOS Y CONSTRUCCIÓN CIVIL  
MECÁNICA DE PAVIMENTOS Y MATERIALES

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**CERTIFICADO DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**  
(ASTM C-127, C-128)

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO F'c 210 Kg/cm2  
CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021"

SOLICITANTE : HUANUCO HIDALGO DANS LEVY

LOCALIZACION : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

FECHA : 12/10/2021

AGREGADO FINO						
CANTERA : RIO COLORADO	MUESTRA : C-1	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2			
Peso mat. Sat. Superf. seca (en aire)	g	435.85	435.83			
Peso de frasco (25°C)	g	6000.00	6000.00			
Peso de frasco + agua (25°C)	g	6500.00	6500.00			
Peso de mat. + agua en el frasco	g	6320.00	6320.00			
Volumen de masa+volumen de vacios	g	170.67	170.65			
Peso de material seco (105°C)	g	430.15	430.30			430.23
volumen de masa	g	164.97	165.12			
Peso Bulk (base seca)		2.520	2.522			2.521
Peso Bulk (base saturada)		2.554	2.554			
Peso aparente (base seca)		2.607	2.606			
Porcentaje de absorción	(%)	1.33	1.29			1.31

Observaciones:

TECNICO DEL LABORATORIO Casas  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

JEFE DE LABORATORIO  
Oscar Abraham Ortiz Jahn  
ESP DE MECANICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca @registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

Playa Hermosa - San Ramón - Chanchamayo

(064) 636643 - 964 672 241 - 964 725 319

consedis@hotmail.com

**CERTIFICADO DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS  
(ASTM C-127, C-128)**

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c =210 Kg/cm2  
CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021"

SOLICITANTE : HUANUCO HIDALGO DANS LEVY

LOCALIZACION DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

FECHA 12/10/2021

AGREGADO GRUESO						
CANTERA : RIO COLORADO		IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA : 1		1	2	3		
Peso mat. Sat. Superf. seca (en aire)	g	856.00	857.00			
Peso mat. Sat. Superf. seca (en agua)	g	533.00	532.00			
Volumen de masa+volumen de vacios	g	323.00	325.00			
Peso de material seco (105°C)	g	845.80	847.00			846.40
volumen de masa	g	312.80	315.00			
Peso Bulk (base seca)		2.619	2.606			2.613
Peso Bulk (base saturada)		2.650	2.637			
Peso aparente (base seca)		2.704	2.689			
Porcentaje de absorción	(%)	1.21	1.18			1.20

Observaciones:

  
Susam Ortiz Casas  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85264

  
Oscar Abraham Ortiz Jahn  
ESP DE MECANICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

ANEXO 8: Resultados de peso unitario suelto y compactado del agregado fino

**CERTIFICADO DE ENSAYO**  
**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO FINO**  
**ASTM C29**

**PROYECTO:** "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021".

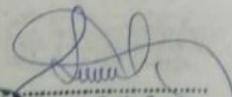
**SOLICITANTE:** HUÁNUCO HIDALGO DANS LEVY

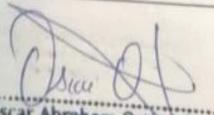
**LOCALIZACIÓN:** DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

**CANTERA:** RÍO COLORADO – VILLA RICA

**FECHA:**

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO				
Muestra N°		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente + muestra	kg	9341.00	9388.31	9293.69
Peso del recipiente	kg	6125.00	6125.00	6125.00
Peso de la muestra	kg	3216.00	3263.31	3168.69
Volumen	m <sup>3</sup>	2005.00	2005.00	2005.00
Peso unitario seco suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1603.99	1627.59	1580.39
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO GRUESO			1603.99	
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO				
Muestra N°		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente + muestra	kg	9665.15	9711.95	9758.75
Peso del recipiente	kg	6125.00	6125.00	6125.00
Peso de la muestra	kg	3540.15	3586.95	3633.75
Volumen	m <sup>3</sup>	2005.00	2005.00	2005.00
Peso unitario seco suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1765.66	1789.00	1812.34
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO GRUESO			1789.00	

  
Susam Ortiz Casas  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 46281

  
Oscar Abraham Ortiz Jahn  
E-1 DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

ANEXO 9 : Resultados de Análisis Granulométrico por tamizado

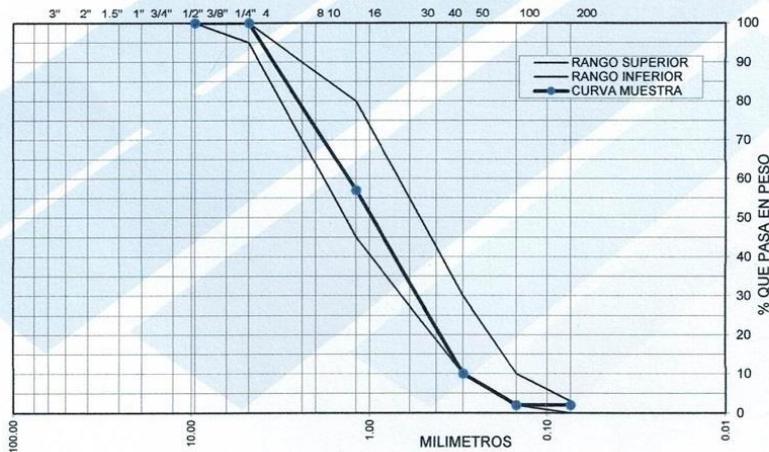
**CERTIFICADO DE ENSAYO**

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 210 Kg/cm2  
CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021"  
SOLICITANTE : HUANUCO HIDALGO DANS LEVY  
LOCALIZACION : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO".  
MUESTRA : CANTERA RIO COLORADO - VILLA RICA  
FECHA : 12/10/21

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	
4"	101.600		0.0	0.0	100.0	UBICACION : MUESTRA : ARENA GRUESA MATERIAL : ARENA P' CONCRETO TAMAÑO MAX. : N° 4 PESO TOTAL : 1000 gr. LIMITE LIQUIDO : INDICE PLAST. : HUM. NATURAL : CLASIFICACION : M.FINEZA : 3.02 HUM. OPTIMA : DENSIDAD MAX. : CBR. : OBSERVACIONES: GRAV. ESP. % ABSORCION P.U. VARILLADO
3"	76.200		0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0	
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	
1"	25.400		0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700		0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525		0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0	
# 4	4.760		0.0	0.0	100.0	
# 8	2.380	145.0	14.5	14.5	85.5	
# 10	2.000	130.0	13.0	27.5	72.5	
# 16	1.190	165.0	16.5	43.0	57.0	
# 30	0.590	135.0	13.5	56.5	43.5	
# 40	0.420	180.0	18.0	74.5	25.5	
# 50	0.297	155.0	15.5	90.0	10.0	
# 100	0.149	80.0	8.0	98.0	2.0	
# 200	0.074	0.0	0.0	98.0	2.0	
< # 200		20.0	2.0	100.0	0.0	

**CURVA GRANULOMETRICA**



Muestra proporcionada por el interesado.

**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECANICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ®registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

**CERTIFICADO DE ENSAYO**

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021"  
SOLICITANTE : HUANUCO HIDALGO DANS LEVY  
LOCALIZACION : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO".  
MUESTRA : CANTERA RIO COLORADO - VILLA RICA  
FECHA : 12/10/21

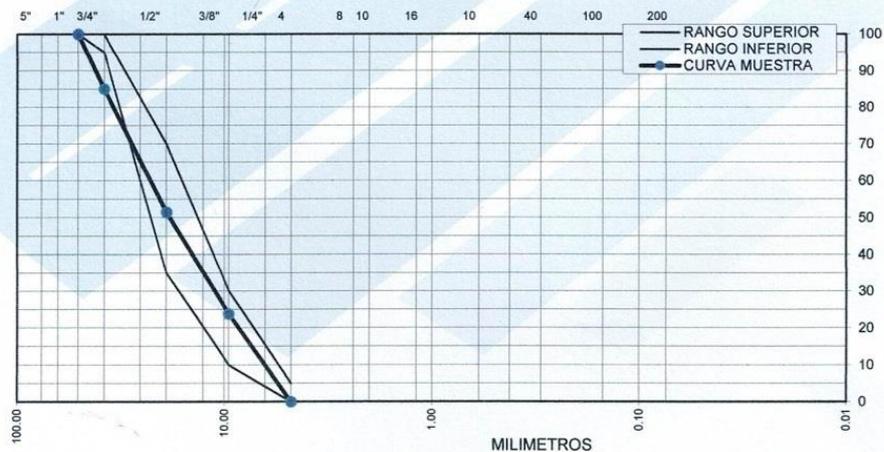


**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600		0.0	0.0	100.0		CANTERA :
3"	76.200		0.0	0.0	100.0		UBICACION :
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		MUESTRA : 1
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	100	MATERIAL : PIEDRA
1 1/2"	38.100	300	15.0	15.0	85.0	95 - 100	TAMAÑO MAX. : 1,1/2
1"	25.400	250	12.5	27.5	72.5		PESO TOTAL : 2000 gr.
3/4"	19.050	420	21.0	48.5	51.5	35 - 70	LIMITE LIQUIDO :
1/2"	12.700	330	16.5	65.0	35.0		INDICE PLAST. :
3/8"	9.525	225	11.3	76.3	23.8	10 - 30	HUM. NATURAL :
1/4"	6.350	370	18.5	94.8	5.3		CLASIFICACION :
# 4	4.760	105	5.3	100.0	0.0	0 - 5	M.FINEZA :
# 8	2.380	0	0.0	100.0	0.0		HUM. OPTIMA :
# 10	2.000	0	0.0	100.0	0.0		DENSIDAD MAX. :
# 16	1.190	0.0	0.0	100.0	0.0		CBR. :
# 30	0.590	0.0	0.0	100.0	0.0		OBSERVACIONES:
# 40	0.420	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 50	0.297	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 100	0.149	0.0	0.0	100.0	0.0		
# 200	0.074	0.0	0.0	100.0	0.0	MAX. 1.0	
< # 200		0	0.0	100.0	0.0		

**CURVA GRANULOMETRICA**



Muestra proporcionada por el interesado.

**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85289

**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca Registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

**CERTIFICADO DE ENSAYO**

**PROYECTO:** "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021".

**SOLICITANTE:** HUÁNUCO HIDALGO DANS LEVY

**LOCALIZACIÓN:** DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

**CANTERA:** RÍO COLORADO – VILLA RICA

**FECHA EMISIÓN:** 27/10/21

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL CAUCHO (ASTM C136)**

TAMIZ	ABERT.mm	PESO RET.	%RET.	%RET.AC.	%Q' PASA	ESPECIFICA CIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.60		0.0	0.0	100.00	-	UBICACIÓN: Villa Rica
3"	76.200		0.0	0.0	100.00	-	
2 ½"	63.500		0.0	0.0	100.00	-	
2"	50.800		0.0	0.0	100.00	-	MUESTRA: Agregado fino
1 ½"	38.100		0.0	0.0	100.00	-	
1"	25.400		0.0	0.0	100.00	-	MATERIAL: Caucho
¾"	19.050		0.0	0.0	100.00	-	
½"	12.700		0.0	0.0	100	-	TAMAÑO MÁXIMO: N° 4
3/8"	9.525	15.5	1.55	1.55	98.45	-	
¼"	6.350	27.2	2.72	4.27	95.73	-	PESO TOTAL: 1000 gr.
#4	4.760	45.8	4.58	8.85	91.15	-	
#8	2.380	60	6.00	14.85	85.15	-	
#10	2.000	410	41.00	55.85	44.15	-	
#12	1.680	286.5	28.65	84.50	15.50	-	
#14	1.410	105.2	10.52	95.02	4.98	-	
#16	1.190	22.4	2.24	97.26	2.74	-	
#30	0.590	12	1.20	98.46	1.54	-	
#50	0.297	8	0.80	99.26	0.74	-	
#100	0.149	7.4	0.74	100.00	0.00	-	
#200	0.074		0.00	100.00	0.00	-	
<#200			0.00	100.00	0.00	-	

Curva Granulométrica de grano de caucho



**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85268

**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

ANEXO 10: Resultados de esfuerzos a compresión del concreto



**SOLUCIONES EN INGENIERÍA**  
DE SUELOS Y CONSTRUCCIÓN CIVIL  
MECÁNICA DE PAVIMENTOS Y MATERIALES

Diseño by

**CERTIFICADO DE ENSAYO  
ESFUERZO A COMPRESIÓN  
ASTM-C39**

**PROYECTO:** "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021".

**SOLICITANTE:** HUÁNUCO HIDALGO DANS LEVY

**LOCALIZACIÓN:** DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

**CANTERA:** RÍO COLORADO – VILLA RICA

**FECHA EMISIÓN:** 07/12/21

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMENES	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA lb	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA	ESFUERZO kg/cm2	F'c Diseño kg/cm2	% F'c
Patrón F'c = 210	04/11/2021	11/11/2021	7	36836.8	16708.9	181.5	209.30	210	99.67%
Patrón F'c = 210	04/11/2021	11/11/2021	7	36713.6	16653.0	181.5	208.60	210	99.33%
Patrón F'c = 210	04/11/2021	11/11/2021	7	37012.8	16788.7	181.5	210.30	210	100.14%
Patrón F'c = 210	04/11/2021	18/11/2021	14	36766.4	16677.0	181.5	208.90	210	99.48%
Patrón F'c = 210	04/11/2021	18/11/2021	14	36995.2	16780.8	181.5	210.20	210	100.10%
Patrón F'c = 210	04/11/2021	18/11/2021	14	36977.6	16772.8	181.5	210.10	210	100.05%
Patrón F'c = 210	04/11/2021	01/12/2021	28	43313.6	19646.7	181.5	246.10	210	117.19%
Patrón F'c = 210	04/11/2021	01/12/2021	28	43032	19519.0	181.5	244.50	210	116.43%
Patrón F'c = 210	04/11/2021	01/12/2021	28	43524.8	19742.5	181.5	247.30	210	117.76%

**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

Playa Hermosa - San Ramón - Chanchamayo

(064) 636643 - 964 672 241 - 964 725 319

consedis@hotmail.com

**CERTIFICADO DE ENSAYO**  
**ESFUERZO A COMPRESIÓN**  
**ASTM-C39**

**TESIS:** "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021".

**SOLICITANTE:** : HUÁNUCO HIDALGO DANS LEVY

**LOCALIZACIÓN** : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

**CANTERA** : RÍO COLORADO – VILLA RICA **FECHA EMISIÓN:** 07/12/21

**TIPO DE MUESTRA** : Concreto endurecido

**PRESENTACIÓN** : Especímenes prismáticos

**F'c de diseño** : 210 kg/cm2

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMENES	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA lb	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA	ESFUERZO kg/cm2	F'c Diseño kg/cm2	% F'c
3 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	36150.4	16397.6	181.5	205.40	210	97.81%
3 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	36291.2	16461.4	181.5	206.20	210	98.19%
3 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	36150.4	16397.6	181.5	205.40	210	97.81%
3 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	37224	16884.5	181.5	211.50	210	100.71%
3 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	37171.2	16860.6	181.5	211.20	210	100.57%
3 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	36643.2	16621.1	181.5	208.20	210	99.14%
3 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	41272	18720.7	181.5	234.50	210	111.67%
3 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	42011.2	19056.0	181.5	238.70	210	113.67%
3 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	42292.8	19183.7	181.5	240.30	210	114.43%

**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

**CERTIFICADO DE ENSAYO**  
**ESFUERZO A COMPRESIÓN**  
**ASTM-C39**

**TESIS:** "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021".

**SOLICITANTE:** : HUÁNUCO HIDALGO DANS LEVY

**LOCALIZACIÓN** : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

**CANTERA** : RÍO COLORADO – VILLA RICA

**FECHA EMISIÓN:** 07/12/21

**TIPO DE MUESTRA** : Concreto endurecido

**PRESENTACIÓN** : Especímenes prismáticos

**F'c de diseño** : 210 kg/cm<sup>2</sup>

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMENES	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA lb	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
7 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	32225.6	14617.3	181.5	183.10	210	87.19%
7 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	31627.2	14345.9	181.5	179.70	210	85.57%
7 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	31715.2	14385.8	181.5	180.20	210	85.81%
7 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	32348.8	14673.2	181.5	183.80	210	87.52%
7 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	31275.2	14186.2	181.5	177.70	210	84.62%
7 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	31715.2	14385.8	181.5	180.20	210	85.81%
7 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	37611.2	17060.2	181.5	213.70	210	101.76%
7 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	36819.2	16700.9	181.5	209.20	210	99.62%
7 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	37417.6	16972.4	181.5	212.60	210	101.24%

  
  
**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

  
**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en  Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

**CERTIFICADO DE ENSAYO**  
**ESFUERZO A COMPRESIÓN**  
**ASTM-C39**

**TESIS:** "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021".

**SOLICITANTE:** : HUÁNUCO HIDALGO DANS LEVY

**LOCALIZACIÓN** : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

**CANTERA** : RÍO COLORADO – VILLA RICA

**FECHA EMISIÓN:** 07/12/21

**TIPO DE MUESTRA** : Concreto endurecido

**PRESENTACIÓN** : Especímenes prismáticos

**F'c de diseño** : 210 kg/cm<sup>2</sup>

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMENES	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA lb	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
10 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	29779.2	13507.6	181.5	169.20	210	80.57%
10 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	30113.6	13659.3	181.5	171.10	210	81.48%
10 % CR	04/11/2021	11/11/2021	7	30536	13850.9	181.5	173.50	210	82.62%
10 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	29937.6	13579.5	181.5	170.10	210	81.00%
10 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	30606.4	13882.8	181.5	173.90	210	82.81%
10 % CR	04/11/2021	18/11/2021	14	31204.8	14154.3	181.5	177.30	210	84.43%
10 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	30676.8	13914.8	181.5	174.30	210	83.00%
10 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	31240	14170.2	181.5	177.50	210	84.52%
10 % CR	04/11/2021	01/12/2021	28	30694.4	13922.8	181.5	174.40	210	83.05%

**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 86269

**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
EGP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

ANEXO 11: Resultados de resistencia a tracción del concreto



(511) 457 2237 / 999 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>	Código	FOR-LAB-CON-003.01
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILINDRICO</b>	Versión	01
		Fecha	9/12/2021
		Página	1 de 1

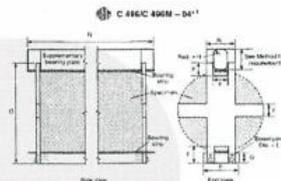
TESIS	: "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F <sub>C</sub> =210 KG/CM <sup>2</sup> CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021"		
SOLICITANTE	: DANS LEVY HUÁNUCO HIDALGO	REALIZADO POR :	GCM
EXPEDIENTE N°	: 314	REVISADO POR :	GCM
UBICACIÓN DE PROYECTO	: DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA, DEPARTAMENTO DE PASCO	FECHA DE ENSAYO :	Indicado
FECHA DE EMISIÓN	: 9/12/2021	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes Cilíndricos		
F <sub>c</sub> de diseño	: Patrón 210 kg/cm <sup>2</sup>		

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
PATRÓN (1)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	8887.8	27.7 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (2)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	8412.5	26.8 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (3)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	8106.6	25.8 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (13)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	8963.2	28.5 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (14)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	9085.1	28.9 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (15)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	9105.9	29.0 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (25)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	9207.9	29.3 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (26)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	9911.5	31.5 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN (27)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	9615.8	30.6 kg/cm <sup>2</sup>

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

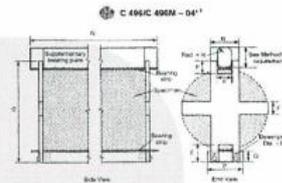
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CON-003.01
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILINDRICO		Versión	01
			Fecha	9/12/2021
			Página	1 de 1
TESIS : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021" SOLICITANTE : DANS LEVY HUÁNUCO HIDALGO EXPEDIENTE N° : 314 UBICACIÓN DE PROYECTO : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA, DEPARTAMENTO DE PASCO FECHA DE EMISIÓN : 9/12/2021 REALIZADO POR : GCM REVISADO POR : GCM FECHA DE ENSAYO : Indicado TURNO : Diurno				
Tipo de muestra : Concreto endurecido Presentación : Especímenes Cilíndricos F'c de diseño : 3% CR - 210 kg/cm2				

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)
3% CR (4)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	7688.5	24.5 kg/cm2
3% CR (5)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	7566.2	24.1 kg/cm2
3% CR (6)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	7872.1	25.1 kg/cm2
3% CR (16)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	8045.4	25.6 kg/cm2
3% CR (17)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	8422.7	26.8 kg/cm2
3% CR (18)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	8065.8	25.7 kg/cm2
3% CR (28)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	8514.5	27.1 kg/cm2
3% CR (29)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	8820.4	28.1 kg/cm2
3% CR (30)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	9116.1	29.0 kg/cm2

**OBSERVACIONES:**

- Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.



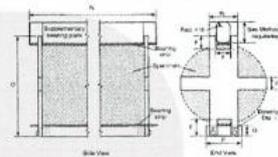
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CON-003.01
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO		Versión	01
			Fecha	9/12/2021
			Página	1 de 1
TESIS	: "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021"			
SOLICITANTE	: DANS LEVY HUÁNUCO HIDALGO			REALIZADO POR : GCM
EXPEDIENTE N°	: 314			REVISADO POR : GCM
UBICACIÓN DE PROYECTO	: DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA, DEPARTAMENTO DE PASCO			FECHA DE ENSAYO : Indicado
FECHA DE EMISIÓN	: 9/12/2021			TURNO : Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Especímenes Cilíndricos			
Fc de diseño	: 7% CR - 210 kg/cm2			

RESISTENCIA A LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496

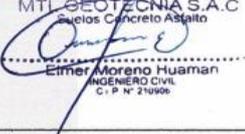
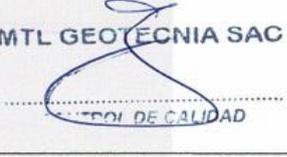
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)
7% CR (7)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	6026.4	19.2 kg/cm2
7% CR (8)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	6322.1	20.1 kg/cm2
7% CR (9)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	6240.6	19.9 kg/cm2
7% CR (19)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	7025.7	22.4 kg/cm2
7% CR (20)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	7362.2	23.4 kg/cm2
7% CR (21)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	6668.8	21.2 kg/cm2
7% CR (31)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	7668.1	24.4 kg/cm2
7% CR (32)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	7617.2	24.2 kg/cm2
7% CR (33)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	8575.7	27.3 kg/cm2

C 496/C 408M - 04-1



OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

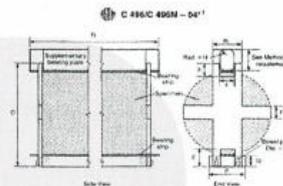
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CON-003.01
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILINDRICO		Versión	01
			Fecha	9/12/2021
			Página	1 de 1
TESIS	: "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021"		REALIZADO POR :	GCM
SOLICITANTE	: DANS LEVY HUÁNUCO HIDALGO		REVISADO POR :	GCM
EXPEDIENTE N°	: 314		FECHA DE ENSAYO :	Indicado
UBICACIÓN DE PROYECTO	: DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA, DEPARTAMENTO DE PASCO		TURNO :	Diumo
FECHA DE EMISIÓN	: 9/12/2021			
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Especímenes Cilíndricos			
F'c de diseño	: 10% CR - 210 kg/cm2			

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)
10% CR (10)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	4925.2	15.7 kg/cm2
10% CR (11)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	5169.9	16.5 kg/cm2
10% CR (12)	15/11/2021	22/11/2021	7 días	10.0	4333.7	13.8 kg/cm2
10% CR (22)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	5649.1	18.0 kg/cm2
10% CR (23)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	5262.0	16.8 kg/cm2
10% CR (24)	15/11/2021	29/11/2021	14 días	10.0	5363.6	17.1 kg/cm2
10% CR (34)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	7290.9	23.2 kg/cm2
10% CR (35)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	7005.3	22.3 kg/cm2
10% CR (36)	15/11/2021	6/12/2021	21 días	10.0	6689.2	21.3 kg/cm2

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

ANEXO 12: Resultados de resistencia a flexión del concreto



(511) 457 2237 / 999 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO (VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Código	FOR-LAB-CON-003.01
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	9/12/2021

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO  
 NTP 339.078 - ASTM C78

REFERENCIA : DATOS DE LABORATORIO  
 SOLICITANTE : DANYS LEVY HUÁNUCO HIDALGO  
 TESIS : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021  
 LOCALIZACIÓN : DISTRITO DE VILLA RICA, PROVINCIA DE OXAPAMPA, DEPARTAMENTO DE PASCO Fecha de ensayo: Indicado

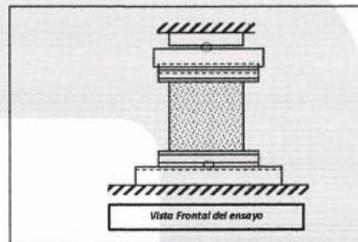
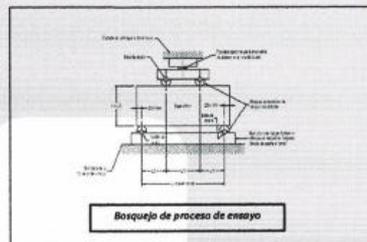
A) INFORMACIÓN GENERAL:

TIPO DE MEZCLA: CONCRETO - 210 KG/CM2  
 DESCRIPCIÓN: PATRONES C/S ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO

B) DATA DE ENSAYO:

No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación	PATRÓN (1)	PATRÓN (2)	CR 3% (1)	CR 3% (2)	CR 7% (1)	CR 7% (2)	CR 10% (1)	CR 10% (2)		
Fecha de Vaciado	15/11/2021	15/11/2021	15/11/2021	15/11/2021	15/11/2021	15/11/2021	15/11/2021	15/11/2021		
Fecha de Rotura	8/12/2021	8/12/2021	8/12/2021	8/12/2021	8/12/2021	8/12/2021	8/12/2021	8/12/2021		
Días	21	21	21	21	21	21	21	21		
Altura "d" (mm)	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0		
Ancho "b" (mm)	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0		
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0		
Carga Máxima (kg-f)	2926.5	3589.3	2855.2	3344.6	3334.4	3416.0	3905.5	3895.3		
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio									
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-		
Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	39.02	47.86	38.07	44.59	44.46	45.55	52.07	51.94		
	PROMEDIO		PROMEDIO		PROMEDIO		PROMEDIO			
	43.44		41.33		45.00		52.00			

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.  
 \* El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm<sup>2</sup>.

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto  Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N° 21926	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD
--------------------	---	--



**CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS**  
RUC: 20606479680

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CA - LM - 0198 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>02238-2021</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>CONSTRUC SERV Y DISTRIB CONSEDIS SRLTDA.</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>3. Dirección</b>	Calle Los Zorzales Nro. SN Junin - Chanchamayo - San Ramon	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>División de escala (d)</b>	<b>1 g</b>	
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>1 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>R31P30</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>8339440128</b>	
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20 g</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2021-09-06</b>	

Fecha de Emisión

2021-09-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC



# CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0198 - 2021

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

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

### 7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
Calle Los Zorzales Nro. SN . Junin - Chanchamayo - San Ramon

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.2 °C	20.2 °C
Humedad Relativa	67 %	67 %

### 9. Patrones de referencia

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0687-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0688-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0726-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

### 10. Observaciones

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



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0198 - 2021

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	20.2 °C	20.2 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g		
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	14,999	200	-700	29,999	200	-700
2	14,999	100	-600	30,000	500	0
3	14,999	200	-700	29,999	200	-700
4	15,000	500	0	30,000	400	100
5	15,000	500	0	30,000	500	0
6	15,000	500	0	30,000	400	100
7	15,000	500	0	30,000	500	0
8	14,999	400	-900	30,001	800	700
9	15,000	500	0	30,001	700	800
10	15,001	700	800	29,999	200	-700
	Diferencia Máxima		1,700	Diferencia Máxima		1,500
	Error Máximo Permissible		± 3,000	Error Máximo Permissible		± 3,000

#### ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	20.2 °C	20.2 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec.				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		9	200	-700		10,001	800	700	1,400
2		10	500	0		10,000	500	0	0
3	10 g	10	500	0	10,000	10,000	400	100	100
4		9	300	-800		9,999	200	-700	100
5		11	800	700		10,000	500	0	-700
	Error máximo permisible								± 3,000

\* Valor entre 0 y 10g

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0198 - 2021

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	20.1 °C	20.2 °C

Carga L ( g )	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± mg )
	l ( g )	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l ( g )	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	400	100	100	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,001	800	700	700	10,000	500	0	0	3,000
15,000	14,999	300	-800	-800	14,999	400	-900	-900	3,000
20,000	19,999	200	-700	-700	19,999	300	-800	-800	3,000
25,000	24,999	300	-800	-800	24,999	200	-700	-700	3,000
30,000	29,999	400	-900	-900	29,999	400	-900	-900	3,000

\*\* error máximo permisible

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

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

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

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{ ( 0.4968333 \cdot g^2 + 0.00000000460 \cdot R^2 ) }$$

Lectura corregida

$$R_{CORREGIDA} = R - 0.0000213 R$$

### 12. Incertidumbre

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

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

Fin del documento



Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0107 - 2021

Página 1 de 3

1. Expediente	02287-2021
2. Solicitante	CONSTRUC SERV Y DISTRIB CONSEDIS SRLTDA.
3. Dirección	Calle Los Zorzales Nro. SN . Junin - Chanchamayo - San Ramon
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO
Capacidad	1112 kN
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	36-0657/12
Número de Serie	070100000040
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	2 kN
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
5. Fecha de Calibración	2021-09-06

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).

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.

CALIBRATEC 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.

Fecha de Emisión

2021-09-06

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0107 - 2021

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 SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
Calle Los Zorzales Nro. SN , Junin - Chanchamayo - San Ramon

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.4 °C	20.4 °C
Humedad Relativa	64 % HR	65 % 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 Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	LEDI - PUCP INF-LE 038-21A
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

### 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 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 0107 - 2021

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				
%	$F_i$ (kN)	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)	
10	100	100.0	99.0	100.0	99.8	
20	200	199.0	200.5	201.3	200.2	
30	300	298.8	300.4	299.3	299.7	
40	400	397.4	399.4	398.8	398.6	
50	500	495.8	501.8	502.4	500.5	
60	600	597.1	597.4	597.9	597.7	
70	700	696.1	696.7	695.7	696.6	
80	800	798.9	799.1	799.5	799.1	
90	900	898.6	900.1	896.6	898.5	
100	1000	1001.0	1002.9	1000.5	1001.3	
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0		

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100	0.21	1.00	-1.30	0.00	0.81
200	-0.08	1.15	0.25	0.00	0.75
300	0.12	0.53	0.07	0.00	0.63
400	0.34	0.50	0.10	0.00	0.61
500	-0.11	1.31	-0.06	0.00	0.85
600	0.39	0.13	-0.18	0.00	0.58
700	0.49	0.14	-0.14	0.00	0.59
800	0.11	0.07	0.02	0.00	0.58
900	0.17	0.38	0.16	0.00	0.60
1000	-0.13	0.25	0.20	0.00	0.58

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



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de 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.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**TC-00289-2021**

PROFORMA : 0745AC1      Fecha de emisión : 2021 - 02 - 10      Página : 1 de 2

1. **SOLICITANTE** : **MTL GEOTECNIA S.A.C.**  
DIRECCIÓN : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

2. **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **PRENSA HIDRAULICA**  
 Marca : UTEST      Capacidad Máxima : 2000 Kn  
 Modelo : NO INDICA      División de Escala, d : 0,1 Kn  
 N° Serie : 19/002539      Procedencia : Turkia  
 Código de Ident. : NO INDICA      Ubicación : LABORATORIO  
 Indicación : kgf

3.- **FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN.**

La calibración se realizó el día 06 de febrero del 2021 en las instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

4. **MÉTODO.**

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia la norma ASTM E-4 "Estandar Practices for force Verification of Testing machines"

5. **TRAZABILIDAD.**

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	CERTIFICADO DE CALIBRACION
Patrón de Referencia del DM-INACAL	Manómetro Digital 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-043-2020

6. **CONDICIONES AMBIENTALES.**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	25,2 °C	24,8 °C
HUMEDAD RELATIVA	67,0 %	68,0 %

7. **OBSERVACIONES.**

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza de 95%.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

Verificar la indicación de cero del instrumento antes de cada medición.



**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
**Gerente Técnico**  
**CFP:0316**



Certificado N° : TC-00289-2021

Página : 2 de 2

RESULTADOS							
INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN		INDICACION PROMEDIO DEL PATRON		ERROR		INCERTIDUMBRE	
(%)	Kn	(%)	Kn	(%)	Kn	(%)	Kn
0,0	0,0	0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00
20,0	400,0	20,0	399,5	0,01	0,5	0,01	0,21
40,0	800,0	40,0	800,7	-0,01	-0,7	0,01	0,28
50,0	1000,0	50,0	1001,1	-0,02	-1,1	0,01	0,45
60,0	1200,0	60,0	1201,3	-0,03	-1,3	0,02	0,55
70,0	1400,0	70,0	1401,8	-0,04	-1,8	0,03	0,64
80,0	1600,0	80,0	1601,9	-0,04	-1,9	0,03	0,60
90,0	1800,0	90,0	1802,1	-0,04	-2,1	0,03	0,70
100,0	2000,0	100,0	2002,3	-0,11	-2,3	0,03	0,80

*Valor Convencionalmente Verdadero = Indicación del Equipo a calibrar - error*

#### OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

#### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO, PASCO 2021.", cuyo autor es HUANUCO HIDALGO DANS LEVY, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 17 de Febrero del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO <b>DNI:</b> 08584295 <b>ORCID</b> 0000-0002-4926-8556	Firmado digitalmente por: CVILLEGASM el 17-02- 2022 23:13:36

Código documento Trilce: TRI - 0289783