

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**Resistencia a la compresión y flexión de concreto con  
10% y 20% de fibras de caucho reciclado**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor:**

**Giraldo Antunez Jimmi Grehk**

**Asesor:**

**Ing. Castañeda Gamboa Rogelio**

**Huaraz – Perú**

**2019**

## PALABRAS CLAVE

---

<b>Tema</b>	Resistencia a compresión, flexión fibras, caucho, reciclado
-------------	----------------------------------------------------------------

---

<b>Especialidad</b>	Tecnología del concreto
---------------------	-------------------------

---

## KEY WORDS

---

<b>Tema</b>	Compressive strength, flexion fibers, rubber, recycled
-------------	-----------------------------------------------------------

---

<b>Especialidad</b>	Concrete technology
---------------------	---------------------

---

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

---

<b>Programa</b>	Ingeniería Civil
-----------------	------------------

---

<b>Línea de investigación</b>	Construcción y Gestión de la Construcción
-------------------------------	-------------------------------------------

---

<b>OCDE</b>	2. Ingeniería y tecnología 2.1. Ingeniería Civil
-------------	-----------------------------------------------------

---

<b>Sub – líneas o campos de la investigación</b>	Material de la Construcción Tecnología de la Construcción y Procesos Constructivos
--------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------

---

**Resistencia a la compresión y flexión de concreto con 10% y 20% de  
fibras de caucho reciclado**

## RESUMEN

El propósito de la investigación tuvo como objetivo principal sustituir el Agregado Grueso por fibras de caucho reciclado. con la finalidad de determinar el comportamiento mecánico del concreto sustituyendo al agregado grueso por fibras de caucho reciclado, para lo cual se planteó un concreto de  $F'c = 210\text{kg/cm}^2$  y concretos con (10% y 20%) de reemplazo, utilizando un tamaño de partícula de caucho reciclado de 10 mm. La finalidad de este proyecto es determinar la resistencia a la compresión y flexión de dicho concreto convencional o patrón (CP) y concreto sustituido por fibras de caucho sintético reciclado.

Se realizaron ensayos de laboratorio de todos los elementos y componentes del concreto como: Granulometría, densidad aparente y real, absorción, diseño de mezcla ACI de los especímenes de prueba que comprende una muestra de 27 probetas cilíndricas evaluadas a los 7, 14, y 28 días.

La mayor resistencia que se obtuvo fue con la sustitución del 10% de fibras de caucho reciclado al agregado grueso, obteniendo una resistencia de  $213.30\text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días de curado, respecto a la resistencia del concreto patrón que fue  $212.40\text{ Kg/cm}^2$ . Respecto a la resistencia a flexión los resultados obtenidos con la sustitución del 10% de fibras de caucho reciclado al agregado grueso la más alta fue una resistencia  $6.21\text{Mpa}$ ; con estos resultados de la resistencia a compresión y flexión se concluye que el 10% de sustitución de fibras de caucho reciclado es el más óptimo.

Los datos fueron procesados con los programas Excel y SPSS. El análisis se realizó con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas, coeficiente de variación y una prueba de validez de hipótesis con ANOVA.

## ABSTRACT

The purpose of the investigation was to replace the Coarse Aggregate with recycled rubber fibers. in order to determine the mechanical behavior of concrete by replacing the coarse aggregate with recycled rubber fibers (FCR), for which a concrete of  $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$  and concrete with (10% and 20%) replacement , using a recycled rubber particle size of 10 mm. The purpose of this project is to determine the compressive and flexural strength of said conventional or standard concrete (CP) and concrete replaced by recycled synthetic rubber fibers.

Laboratory tests were carried out on all concrete elements and components such as: Granulometry, apparent and real density, absorption, ACI mixture design of the test specimens comprising a sample of 27 cylindrical specimens evaluated at 7, 14, and 28 days.

The greatest resistance that was obtained was with the replacement of 10% of recycled rubber fibers to the coarse aggregate, obtaining a resistance of  $213.30 \text{ Kg} / \text{cm}^2$  at 28 days of curing, with respect to the resistance of the standard concrete that was  $212.40 \text{ Kg} / \text{cm}^2$  . Regarding the flexural strength, the results obtained with the replacement of 10% recycled rubber fibers to the coarse aggregate was the highest with a  $6.21\text{Mpa}$  resistance; With these results of compressive and flexural strength it is concluded that the 10% replacement of recycled rubber fibers is the most optimal.

The data was processed with the Excel and SPSS programs. The analysis was performed with tables, graphs, percentages, averages, variances, coefficient of variation and a hypothesis validity test with ANOVA.

## ÍNDICE GENERAL

### Contenido

Palabras Clave – Key Words – Líneas de Investigación .....	i
Título.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice .....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	31
III. RESULTADOS .....	34
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	58
V. CONCLUSIONES .....	61
VI. RECOMENDACIONES .....	63
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64

## Índice de Tablas

Tabla N° 1: Límites granulométricos para el agregado fino.....	14
Tabla N° 2: Composición típica de llantas .....	23
Tabla N° 3: Composición y características entre neumáticos.....	23
Tabla N° 4: Análisis químico del neumático .....	24
Tabla N° 5: Composición aproximada de un neumático de automóvil en peso .....	24
Tabla N° 6: Variable dependiente - Compresión.....	29
Tabla N° 7: Variable dependiente - Flexión .....	29
Tabla N° 8: Variable Independiente .....	30
Tabla N° 9: Resistencia a la compresión .....	31
Tabla N° 10: Resistencia a la Flexión.....	32
Tabla N° 11: Técnicas e Instrumentos .....	32
Tabla N° 12: Análisis granulométrico del caucho reciclado .....	39
Tabla N° 13: Peso específico del caucho reciclado .....	40
Tabla N° 14: Composición elemental de fibra de caucho en % de masa .....	41
Tabla N° 15: Resistencia a la compresión de Probetas Patrón .....	43
Tabla N° 16: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón .....	44
Tabla N° 17: Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales 10% de caucho .....	45
Tabla N° 18: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la combinación 1 .....	46
Tabla N° 19: Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales 20% de caucho .....	47
Tabla N° 20 : Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la combinación 2.....	48
Tabla N° 21: Resistencia a la compresión de viguetas Patrón.....	50
Tabla N° 22: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón .....	51
Tabla N° 23: Resistencia a la flexión de viguetas Experimentales.....	52
Tabla N° 24: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la combinación 1.....	53

Tabla N° 25: Resistencia a la flexión de viguetas Experimentales.....	54
Tabla N° 26: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la combinación 2.....	55
Tabla N° 27: Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo al agregado grueso en 10% y 20% de caucho reciclado.....	56
Tabla N° 28: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas .....	57

### Índice de Figuras

Figura N° 1: Cilindro de concreto sometido a compresión .....	6
Figura N° 2: Ensayo de resistencia a la flexión .....	8
Figura N° 3: piedra chancada.....	9
Figura N° 4: Curva granulométrica del agregado grueso .....	34
Figura N° 5: Estimación del agua del mezclado y contenido de aire .....	35
Figura N° 6: Curva granulométrica del caucho reciclado.....	36
Figura N° 7: Caucho triturado .....	40
Figura N° 8: Asentamiento de una mezcla con 10% de caucho reciclado .....	41
Figura N° 9: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón a los 7,14 Y 28 días de curado .....	44
Figura N° 10: Resistencia a la compresión adquirida por la sustitución del 10% de fibras de caucho reciclado a los 7,14 Y 28 días de curado .....	46
Figura N° 11: Resistencia a la compresión adquirida por la sustitución del 20% de fibras de caucho reciclado a los 7,14 Y 28 días de curado. ....	48
Figura N° 12: Comparativa de resistencias patron y experimental .....	49
Figura N° 13: Resistencia a la flexión adquirida por el concreto patrón a los 7,14 y 28 días de curado .....	51
Figura N° 14: Resistencia a la flexión adquirida por la sustitución del 20% de fibras de caucho reciclado los 7,14 Y 28 días de curado .....	53
Figura N° 15: Resistencia a la compresión adquirida por la sustitución del 20% de caucho a los 7,14 Y 28 días de curado.....	55

## **I. INTRODUCCIÓN**

Desde principios del siglo XX que se descubrió la primera llanta neumática a la época actual contando con los países desarrollados y subdesarrollados, el consumo de neumáticos es elevado y cada año va en aumento.

Esto es debido a que los propietarios y usuarios de los vehículos al circular con los mismos, son responsables del desgaste y acumulación de neumáticos, que al final quedan como un residuo sin uso y afectando gravemente al medio ambiente en el que vivimos. Lo que despertó gran interés por el tema de eliminación de los neumáticos que se acumulan con el pasar de los años.

Según amplios estudios estadísticos el Perú se encuentra en un uso mínimo y limitado de los neumáticos como una materia prima aplicado al campo de la ingeniería.

En este presente proyecto de investigación se consideró la necesidad de buscar nuevas aplicaciones para este voluminoso residuo, concluyendo con la idea de aplicar fibras de caucho en el concreto y así poder sustituir un porcentaje de los áridos convencionales. Además, sus amplias características y comportamientos hacen que aporten mejoras en las propiedades del concreto.

### **Antecedentes y fundamentación científica**

#### **Antecedentes**

Según Alabo C. y Camacho N. (2005), En su investigación titulada “Influencia de la adición de caucho de reciclaje a compuestos de concreto Portland, tipo I: Ensayos destructivos y no destructivos”. Mediante el análisis de la influencia de la adición de la raspadura de las bandas de rodamiento de los neumáticos a los compuestos de concreto, a través de ensayos destructivos y no destructivos. Mediante estudios sobre resistencia a la compresión y a la tracción realizados a los compuestos a una proporción de 5% en peso, así como con diferentes tamaños de partícula de caucho reciclado (grueso de 19mm, fino < 1,19mm,) a la edad de 28 días, donde se concluye que el descenso en los valores de las propiedades de resistencia a la compresión y resistencia a la tracción de los compuestos con caucho de tamaño fino y grueso, se

debe a la porosidad que se origina en las muestras. Por otra parte, el comportamiento del compuesto de concreto con 5% en peso de caucho de tamaño al azar muestra en todas las propiedades analizadas, valores similares a los del concreto tradicional. Esto se debe a que las partículas pequeñas se colocan en los huecos dejados por las partículas grandes de caucho, disminuyendo de esta forma la porosidad.

En resumen, se puede inferir que es factible, de acuerdo con la data analizada, utilizar 5% en peso de caucho de tamaño aleatorio (al azar), ya que no deteriora las características del concreto, además lo vuelve más liviano y al mismo tiempo ayuda a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente.

Calle J. (2017), En su proyecto de investigación “Estudio comparativo del concreto convencional y concreto reforzado con fibras de caucho sintético reciclado”. Está enfocada en el estudio comparativo de dos tipos de concreto: concreto convencional o patrón (CP), y concreto con fibra de caucho sintético reciclado (CP + CSR); a una resistencia de diseño  $f'_c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, de las cuales se realizaron sus respectivos ensayos a compresión y flexión en relación a las normas técnicas peruanas correspondientes.

Para el concreto con fibra de caucho sintético reciclado (CP + CSR), se plantearon tres dosificaciones en función a la cantidad de cemento en el diseño de mezclas en los siguientes porcentajes 1%, 3% y 5%. Se evaluó el concreto: primero en su estado fresco, teniendo en cuenta su trabajabilidad, peso y temperatura; y en su estado endurecido, su resistencia a compresión y a flexión. Teniendo como factor influyente el tiempo de curado (usando agua para este tipo de curado) en ambos concretos. Como resultado se observó que el uso de fibras de caucho sintético reciclado aumenta la resistencia a flexión del concreto, siendo la dosis 2 = 34.90 kg/cm<sup>2</sup> (210 kg/cm<sup>2</sup>) y a compresión la dosis 1 = 219 kg/cm<sup>2</sup> (210 kg/cm<sup>2</sup>) lo que demuestra que su aplicabilidad puede mejorar las propiedades del concreto convencional de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Urra P. (2006), en su proyecto “Hormigón con caucho: Determinación del Módulo de Elasticidad”.

Una de las aplicaciones que se ha propuesto, es su utilización en hormigones con fibras de caucho. Con el propósito de avanzar en la determinación de sus propiedades, se realizaron ensayos a compresión con los cuales se determinó la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad para mezclas con diferentes dosis de caucho de un 5%, 10%, 15% y 20% respectivamente. Del análisis de las curvas tensión- deformación se pudo observar que el comportamiento del hormigón con caucho frente a cargas de compresión es prácticamente lineal hasta una tensión relativa del orden del 70% de la resistencia máxima. Por encima de este porcentaje las curvas se apartan de la linealidad. La pendiente de la zona lineal de la curva tensión-deformación es el módulo de elasticidad o módulo de Young. Por ello se concluye que, las propiedades mecánicas del hormigón con caucho son bajas (con módulos de elasticidad pequeños). Aunque se llegó a mezclar hasta un 20% en volumen, por eficiencia de trabajabilidad y propiedades mecánicas, se opta por recomendar mezclas de entre 5 % y 10% de trozos de caucho en hormigón.

Bizinotto M. y Riba J. (2009), En su investigación titulada “Realización de ensayos de laboratorio de hormigón con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU)”. El objetivo de este estudio experimental es determinar la influencia de la incorporación de diferentes porcentajes de partículas de caucho (5, 10 y 15% del volumen de los áridos convencionales) en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón. Para ello, se elaboraron diferentes hormigones utilizando dos tamaños de partículas de NFU: 1-4 mm (NFU-F) y 10-16 mm (NFU-G). De los ensayos realizados se infiere que la resistencia a tracción del hormigón no se altera por la incorporación de NFU, incluso aumenta en los hormigones con 5% de NFU. El módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión disminuye a medida que aumenta el contenido de NFU. Y después de hacer el balance de los resultados obtenidos se concluyó que el empleo de hormigones con NFU es desaconsejable en elementos estructurales sometidos a solicitaciones de compresión. Sin embargo, podría utilizarse en pavimentos, ya que la incorporación de caucho le proporciona al hormigón ciertas propiedades elásticas, permitiendo su deformación en presencia de esfuerzos por debajo de la resistencia a compresión del hormigón.

Guzmán Y. y Guzmán E. (2015), Realizaron una investigación titulada “Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural”. Tiene como objetivo desarrollar nuevas mezclas de concreto sustituyendo los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados. Esto con la finalidad de encontrar un uso óptimo al caucho reciclado y así utilizarlas en aplicaciones ingenieriles.

Se realizará una mezcla convencional de concreto, de una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, según el método ACI-211, además de tres mezclas con la misma resistencia, en donde se sustituirá parcialmente el 5, 15 y 25% de los áridos del agregado grueso y el agregado fino por la fibra de caucho, utilizando dos tamaños de partículas de caucho reciclado que oscile entre 1-4 mm y 10-20 mm. Luego se efectuarán testigos de concreto en forma de cilindros y con ello ejecutar los ensayos pertinentes en base a la Norma Técnica Peruana (NTP) y ASTM. Dichos ensayos son: de consistencia, densidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, módulo de elasticidad, comportamiento al fuego y microestructura. Todos estos ensayos y mediciones servirán para determinar la calidad de cada mezcla tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Además, se realizará con los datos obtenidos de cada porcentaje de sustitución de los áridos un análisis estructural de un edificio regular de 6 niveles. Y con ello se evaluará si es viable y/o eficiente el uso del caucho en estructuras de concreto armado.

## **FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA:**

### **Resistencia a la Compresión**

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula

dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión (Instron, 2012).

Algunas propiedades del concreto endurecido están relacionadas con esta resistencia, como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades (Neville, 1999).

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

Cualquier tipo de vacíos llenos de aire reduce la resistencia del concreto en una proporción de 5% de reducción de resistencia por cada 1% de aumento en el volumen de los vacíos llenos de aire (Mather y Ozyildirim, 2004).

La resistencia del concreto es fundamentalmente una función de su volumen de vacíos. La influencia del volumen de poros sobre la resistencia puede expresarse por la ecuación exponencial del tipo (3) (Grudemo, 1975):

$$f_c = f'_{c,0}(1 - p)^2$$

Dónde:

$p$ = Porosidad, es decir, el volumen de huecos expresado como una fracción del volumen total del concreto.

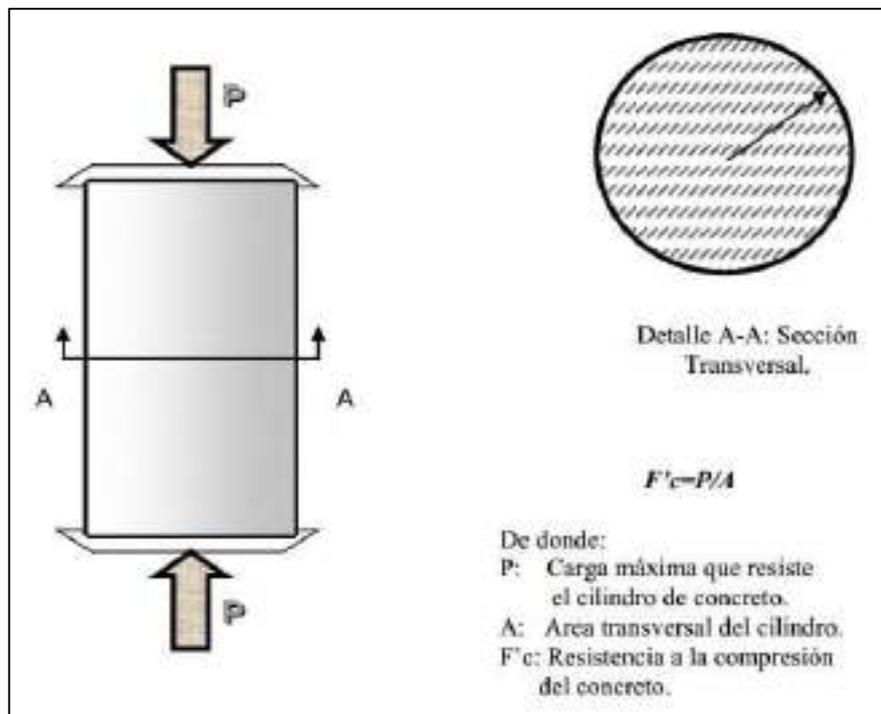
$f'_c$ = Resistencia del concreto con porosidad “ $p$ ”

$f'_{c,0}$ = Resistencia a porosidad cero

Existe una relación inversa fundamental entre la porosidad y la resistencia de los sólidos que, para los materiales homogéneos simples, puede expresarse por la fórmula:

$$S = S_0 e^{-kp}$$

En donde S es la resistencia del material que tiene una porosidad dada p;  $S_0$  es la resistencia intrínseca a porosidad cero; y k es una constante (Mehta y Monteiro, 1998).



**Figura N° 1:** *Cilindro de concreto sometido a compresión*

Fuente: Fabricación de concreto (Ingenieros civiles Asociados)

## **Resistencia a la Flexión**

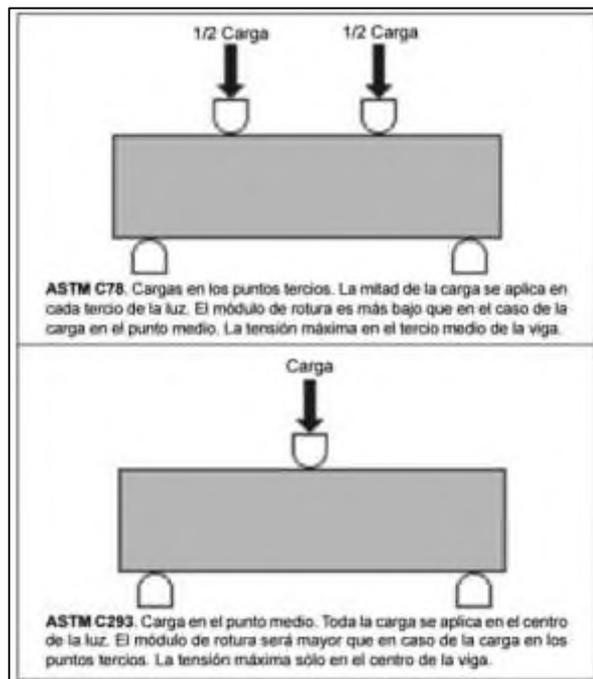
La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de

concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio). El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. El Módulo de Rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%. Las vigas probetas deben ser fabricadas adecuadamente en el campo. Las mezclas para pavimentos de concreto son secas, con asentamiento (revenimiento) de ½ a 2 ½ pulgadas (1,25 a 6,25 cm), se consolidan por vibración de acuerdo con la norma ASTM C31 y se golpean los laterales para liberar las burbujas de aire. Para asentamientos más altos, después de aplicarles golpes con varilla, se golpean los moldes para liberar las burbujas de aire y se agita o pincha a lo largo de los laterales para garantizar su consolidación. Nunca permita que se sequen las superficies de la viga en ningún momento. Manténgala inmersa en agua saturada con cal durante 20 horas como mínimo antes de ensayarla.

Las especificaciones y las investigaciones que se hagan de las aparentes bajas resistencias deberán tener en cuenta la elevada variabilidad de los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión.

La desviación típica para las resistencias a flexión del concreto de hasta 800 libras por pulgada cuadrada (5.5 MPa) para proyectos con un buen rango de control está entre las 40 a 80 libras por pulgada cuadrada (0.3 a 0.6 MPa). Los valores de las desviaciones típicas por encima de las 100 libras por pulgada cuadrada (0.7 MPa) pueden indicar problemas en los ensayos.

Existe una elevada probabilidad de que problemas en los ensayos, o diferencias en la humedad dentro de una viga, debido a un secado prematuro, puedan ocasionar baja resistencia (NTP.339.079.2012).



**Figura N° 2:** *Ensayo de resistencia a la flexión*

Fuente: (NTP.339.079:2012)

## **Agregados**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros) (Ávila, 2015).

### **Agregado Grueso**

Según Rivva (2007), en su libro “Tecnología del Concreto”. Diseño de mezclas., el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Debe estar conformado por partículas limpias, estables, libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa.



**Figura N° 3:** *piedra chancada*

Fuente: Recuperado de <https://goo.gl/rVuM6P>

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm<sup>2</sup>. Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼”.

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó

1/3 de la altura de las losas ó

3/4 del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión (Neville, 1999).

### **Concreto**

Es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones o porcentajes de cemento, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material resistente e ideal para la construcción (Díaz, 2010).

Abanto (2000), sostiene que el concreto a la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. El concreto es uno de los materiales más comunes en la construcción por gran variedad de aplicaciones, que van desde la estructura de un edificio hasta vías de ferrocarriles. También es usado en fundiciones, pavimentos, carreteras, tanques de almacenamiento y muchas otras estructuras. De hecho, es difícil encontrar una estructura en la que no se haya usado concreto de alguna manera para su construcción. Además, es uno de los materiales de construcción más económicos y versátil (Somyaji, 1995).

El concreto tiene una estructura altamente heterogénea y compleja (Mehta y Monteiro, 1998). Básicamente es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento Portland y agua, une a los agregados, normalmente arena y grava, creando una masa (Kosmatka, 1992). En el nivel macroscópico el concreto se puede considerar un material de dos fases, consistentes en partículas de agregados dispersas en una matriz de pasta de cemento.

## **Agua De Mezcla**

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata al cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón. La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables. Como norma general se considera que el agua es adecuada para producir mortero u hormigón si su composición química indica que es apta para el consumo humano, sin importar si ha tenido un tratamiento preliminar o no; es decir, casi cualquier agua natural que pueda beberse y que no tenga sabor u olor notable sirve para mezclar el mortero o el concreto. Sin embargo, el agua que sirve para preparar estas mezclas puede no servir para beberla.

El agua puede extraerse de fuentes naturales cuando no se tienen redes de acueducto y puede contener elementos orgánicos indeseables o un alto contenido inaceptable de sales inorgánicas. Las aguas superficiales en particular a menudo contienen materia en suspensión tales como: aceite, arcilla, sedimentos, hojas y otros desechos vegetales; lo cual puede hacerla inadecuada para emplearla sin tratamiento físico preliminar, como filtración o sedimentación para permitir que dicha materia en suspensión se elimine (Rivera, 2005).

## **Cemento**

Podemos definir al cemento como un aglomerante dentro de una mezcla de concreto. El cemento es el producto resultante de pulverizar piedra caliza y arcilla, los cuales

se mezclan en hornos a temperatura de entre 1400° a 1600°C, de esa manera se obtiene una materia llamada Clinker, la cual posee propiedades hidráulicas; por lo tanto, el cemento Portland es un ligamento hidráulico que se obtiene al moler finamente el clinker de cemento Portland con una cantidad de yeso que está en el rango de 4 a 5 %. El Cemento Pórtland y sus tipos al ser mezclados con agua tienen la característica de fraguar y endurecer.

En la NTP 334.009, se reconocen 6 tipos de cementos estándar:

Tipo I: De uso general que no requiere propiedades especiales especificadas, para cualquier otro tipo.

Tipo II: De uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo II (MH): De uso general, específicamente cuando se desea moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo III: Para ser usado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Para ser usado cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V: Para ser usado cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

En la NTP 334.090, para los tipos de cementos adicionados, se indica:

Cementos adicionados binarios: Cemento adicionado hidráulico que contiene Cemento Portland y cemento de escoria, o cemento Portland y puzolana.

Cementos adicionados ternarios: Contiene cemento Portland combinado con dos puzolanas diferentes, o cemento Portland con cemento escoria y una puzolana, una puzolana y una caliza o cemento de escoria y una caliza.

### **Granulometría**

Neville (1999), en su libro “Tecnología del Concreto”, señala que la granulometría es la operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales consta de partículas del mismo tamaño. En la práctica cada fracción contiene

partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices normales de muestreo.

Según Céspedes (2003), en su libro “Resistencia a la comprensión del concreto a partir de la Velocidad de pulsos de Ultrasonido”, la granulometría se entiende como la distribución de los tamaños de las partículas o granulometría de un agregado es una característica importante debido a que determina los requerimientos de la pasta para lograr un concreto trabajable.

Debido a que el cemento es el componente más costoso del concreto, es deseable, minimizar el costo del concreto utilizando la menor cantidad de pasta consistente con la producción de un concreto que pueda ser manejado, compactado, acabado y proporcionar la resistencia y durabilidad necesaria.

Los factores fundamentales que rigen la granulometría deseada de los agregados son: el área superficial del agregado, que determina la cantidad de agua necesaria para mojar todos los cuerpos sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la trabajabilidad de la mezcla, y su tendencia a la segregación.

Para Neville (1999), la granulometría es un factor importante en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. A su vez, la trabajabilidad, afecta las cantidades de agua y cemento, controla la segregación, ejerce cierto efecto en el sangrado e influye en la colocación y el acabado del concreto.

Esos factores representan las características importantes del concreto fresco y también afecta sus propiedades cuando ya ha fraguado: resistencia, contracción y durabilidad.

Tamaño máximo: (NTP 400.037)

Correspondiente al menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado.

Tamaño máximo nominal: (NTP 400.037)

Correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido.

**Tabla N° 1:** Límites granulométricos para el agregado fino

<b>Tamiz Estándar</b>	<b>Porcentaje que Pasa</b>
3/8" (9.51 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.38 mm)	80 a 100
N° 16 (1.19 mm)	50 a 85
N° 30 (0.595 mm)	25 a 60
N° 50 (0.297 mm)	5 a 30
N° 100 (0.148 mm)	0 a 10

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.037

Clasificación de los agregados según su densidad.

**Agregados Ligeros:** Son aquellos cuya densidad está entre 500 - 1000 Kg/m<sup>3</sup>. Se utiliza en concreto de relleno o en mampostería estructural, concreto para aislamiento.

**Agregado Normal:** Son aquellos cuya densidad están entre 1300 - 1600 Kg/m<sup>3</sup>. Se utiliza en concreto de toda índole es decir concreta estructural y no estructural.

**Agregados Pesado:** Son aquellos cuya densidad están entre los 3000 - 7000 Kg / m<sup>3</sup>. se utilizan en concretos especiales, que van a estar expuestos a rayos ultravioletas y radiaciones.

### **Diseño de Mezcla de Concreto**

El diseño de concreto es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada, así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado, además se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio (Sánchez, 2015).

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados. Existen diferentes métodos de Diseños de Mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la

existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aun así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión (López y Abanto, 2010).

### **Dosificación de una Mezcla de Concreto**

Indica que, las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con dichas características con los materiales disponibles, se logra mediante el sistema de prueba y error o el sistema de ajuste y reajuste. (Pinto y Hover, 2001). Dicho sistema consiste en preparar una mezcla de concreto con unas proporciones iniciales y calculadas por diferentes métodos. A la mezcla de prueba se le realizan los diferentes ensayos de control de calidad como asentamiento, pérdida de manejabilidad, masa unitaria, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión. Estos datos se comparan con la especificación y si llegan a ser diferentes o no cumplen con la expectativa de calidad se reajustan las cantidades, se elabora nuevamente la mezcla que debe cumplir todos los ensayos de control de calidad, si nuevamente no cumple los requisitos exigidos es necesario revisar los materiales, el método del diseño y nuevamente otra mezcla de concreto hasta ajustar los requisitos exigidos por la especificación.

### **Datos de los Materiales**

De las propiedades de los materiales que se van a utilizar se debe conocer:

Granulometría.

Módulo de finura de la arena.

Tamaño máximo de la grava.

Densidad aparente de la grava y de la arena.

Absorción del agrava y de la arena.

Masa unitaria compacta de la grava.

Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas

Densidad del cemento.

### **Proceso para el Diseño de Mezclas de Concreto**

Estudio de las especificaciones de la obra.

Definición de la resistencia Compresión.

Elección del asentamiento.

Estimación cantidad de aire.

Estimación contenida de agua.

Definir relación agua/material cementante.

Contenido de material cementante.

Verificar las granulometrías de los agregados.

Estimación de agregado grueso.

Estimación de agregado fino.

Ajuste por humedad.

Ajuste del diseño de mezcla.

Indica que, los métodos de diseño de mezclas de concreto van desde los analíticos experimentales y empíricos, hasta volumétricos, todos estos métodos han evolucionado y ha llevado a procedimientos acordes con las necesidades de los proyectos y se han desarrollado algunas guías ya normalizadas para darle cumplimiento a la calidad del concreto en las obras. Comité 201 del American Concrete Institute (ACI).

### **Trabajabilidad**

Indican que la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se llama trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manoseo. El grado de la trabajabilidad que se requiere para una buena colocación del concreto se controla por los métodos de colocación, tipo de consolidación y tipo de

concreto. Los diferentes tipos de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad. Los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son: (1) el método y la duración del transporte; (2) cantidad y características de los materiales cementantes; (3) consistencia del concreto (asentamiento en cono de Abrams o revenimiento); (4) tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos; (5) aire incluido (aire incorporado); (6) cantidad de agua; (7) temperatura del concreto y del aire y (8) aditivos.

La distribución uniforme de las partículas de agregado y la presencia de aire incorporado ayudan considerablemente en el control de la segregación y en la mejoría de la trabajabilidad. También enseña el efecto de la temperatura de colocación sobre la consistencia o asentamiento en cono de Abrams y sobre la trabajabilidad potencial de las mezclas. Las propiedades relacionadas con la trabajabilidad incluyen consistencia, segregación, movilidad, bombeabilidad, sangrado (exudación) y facilidad de acabado. La consistencia es considerada una buena indicación de trabajabilidad. El asentamiento en cono de Abrams se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto. Un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia rígida o seca. Si la consistencia es muy seca y rígida, la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden separarse de la mezcla. Sin embargo, no debe suponerse que una mezcla más húmeda y fluida es más trabajable. Si la mezcla es muy húmeda, pueden ocurrir segregación y formación de huecos. La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación empleándose los equipos de consolidación disponibles. (Powers, 1932).

### **Sangrado y Asentamiento**

Define al sangrado (exudación) es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie. El sangrado es normal y no debería disminuir la calidad del concreto adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado es útil en el control de la fisuración por retracción plástica. Por otro lado, la

excesiva aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una camada superficial débil y con poca durabilidad,

particularmente si se hace el acabado cuando el agua de sangrado aún está presente. Los vacíos y bolsas de agua pueden ocurrir, resultantes del acabado prematuro de la superficie. (Según Kosmatka, 1994). Después que toda el agua de sangrado (exudación) se evapore, la superficie endurecida va a ser un poco más baja que la superficie recién colocada. Esta disminución de la altura desde el momento de la colocación (puesta, colado) hasta el inicio del fraguado se llama retracción por sedimentación. La tasa de sangrado (exudación) y la capacidad de sangrado (sedimentación total por unidad de peso del concreto original) aumentan con la cantidad inicial de agua, altura del elemento de concreto y presión. El uso de agregados de granulometría adecuada, ciertos aditivos químicos, aire incluido, materiales cementantes suplementarios y cementos más finos reduce el sangrado. El concreto usado para rellenar vacíos, proporcionar soporte o proporcionar impermeabilidad con una buena adhesión debe presentar bajo sangrado para evitar formación de bolsas de agua.

### **Tiempo de Fraguado del Concreto**

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón o mortero de cemento, producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos, procedentes de la reacción química del agua de amasado, con los óxidos metálicos presentes en el clínker que compone el cemento.

Este método de prueba se refiere a la determinación del tiempo de fraguado de las pastas de cementantes hidráulicos, midiendo su resistencia con el aparato Vicat, este método de prueba es aplicable a cualquier tipo de Cemento Pórtland que se ocupe para la elaboración de concreto.

El fraguado se caracteriza por los tiempos de fraguado, también conocidos como inicio de fraguado y fin de fraguado. Físicamente, el inicio de fraguado es el momento en que la pasta, que es una suspensión viscoelástica-plástica con una pequeña resistencia al corte, pasa a ser un sólido viscoelástico - plástico con una

mayor resistencia al corte; es decir, es el momento en que la mezcla deja de ser trabajable. El fin de fraguado corresponde al momento en que comienza el endurecimiento. Por otra parte, el final de fraguado ocurrirá algo antes de que se produzca el máximo en la velocidad de desprendimiento de calor (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción, 2006).

### **Estimación del Tiempo de Fraguado**

Amziane (2008) postuló que antes del fraguado, las presiones son hidrostáticas, siendo el tiempo de inicio de fraguado el momento en que las presiones laterales en el hormigón se hacen cero. Alternativamente, el fraguado puede ser estudiado como un proceso de percolación con las partículas de cemento interconectadas (percoladas) por los productos de hidratación. El grado crítico de percolación; es decir, el instante en que la masa deja de ser un líquido para convertirse en un sólido es del 16% de las partículas conectadas.

Sin embargo, teniendo en cuenta lo dicho acerca de la teoría de la percolación, será lógico pensar que el fraguado del hormigón dependerá, no solo de la resistencia a penetración en la pasta de cemento en un instante dado, sino también, de los factores que afecten el nivel de conectividad entre partículas y vacíos, como por ejemplo su consistencia.

### **Post Fraguado**

Durante este período, la evolución de las propiedades mecánicas de la mezcla está íntimamente ligada al desarrollo del cuerpo poroso de la pasta de cemento endurecida, como resultado del proceso de hidratación del cemento. Además, durante el proceso de post fraguado, se producen otros fenómenos como la retracción autógena (química) y la retracción de secado, que depende también de la estructura del medio poroso.

En el momento del fraguado, se tiene una porosidad inicial formada especialmente por capilares. Ésta se verá modificada durante el post fraguado por la formación de hidratos. La porosidad final de la pasta endurecida será, entonces, función de los hidratos formados durante el post fraguado y de las condiciones en las cuales se ha

encontrado el hormigón (temperatura, confinamiento, etc.) y, también, del tipo, la reología y la porosidad de dichos hidratos (Gabalec, 2008).

### **Curado del Concreto**

Harmsem (2005), en su libro “Diseño de estructuras de concreto”, afirma que el curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia afuera del concreto. Busca también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta. La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia.

Es el procedimiento que se utiliza para promover la hidratación del cemento, y consiste en mantener un control del movimiento de temperatura y humedad hacia dentro del concreto y hacia afuera del concreto. Tiene como objetivo mantener el concreto saturado, ya que la hidratación del cemento solo se logra en capilares llenos de agua, por lo que debe evitarse la evaporación excesiva de ésta. Además, debe controlarse la temperatura, puesto que la rapidez de hidratación es más lenta a bajas temperaturas y más rápida a temperaturas elevadas (100 °C.).

Existen diversos métodos de curado: curado con agua, con materiales sellantes y curado al vapor. El primero puede ser de cuatro tipos: por inmersión, haciendo uso de rociadores, utilizando coberturas húmedas como yute y utilizando tierra, arena o aserrín sobre el concreto recién vaciado.

### **Tecnología del Concreto**

El concreto, presenta un comportamiento viscoso, mientras que la otra, formada por los agregados, muestra un comportamiento casi elástico. Estando los agregados rodeados separados entre ellos por la pasta de cemento. Resulta así, la definición de un material heterogéneo, cuya estructura particular posibilita un comportamiento inelástico; siendo las deformaciones de la fase viscosa susceptible de ser modificadas por el tiempo y las condiciones de curado, creando tensiones internas considerables.

Por otra parte, a los problemas de diseño y construcción, característicos de las fábricas de piedra, de índole mecánica según las formas y las masas de los elementos, se unen en las construcciones de concreta multitud de otros factores, que deben ser conocidos y apreciados por el Ingeniero, que interviene directamente en su fabricación desde una primera instancia. Así pues, ha de estudiar el tipo y calidad de los áridos, los problemas de fraguado endurecimiento del aglomerante, la dosificación del conjunto, su fabricación y puesta en obra, su comportamiento bajo la acción de las cargas y de los agentes destructivos (Gonzales, 1962). Indica que, una nueva ciencia, de alta calidad experimental, tiende a solucionar estas cuestiones. Ella es la Reología, que estudia e investiga la estructura física de las pastas, su deformación y relación con las propiedades requeridas en cada tipo de construcción. En el caso del concreto normal conocemos que, al ser usado en pavimentos, tiene principalísima importancia la resistencia a la tracción, al rozamiento e intemperismo y la relación que guardan con el tipo de áridos. Igualmente, en el caso del concreto en grandes masas, es necesario tener en cuenta la retracción y dilatación debida a las temperaturas de fraguado y la influencia del tipo del cemento, el curado y forma de la puesta en obra. En las obras portuarias de concreto, es preciso considerar la acción de sucesivos choques o impactos, así como la acción destructora del agua de mar, incidiendo en la calidad y compacidad del agregado, la hidraulicidad de la pasta (Gonzales, 1962).

Indica que, en el caso del concreto armado acrecentar la resistencia a la tracción y mejorar la docilidad de las mezclas frescas son los problemas característicos que afrontan el Ingeniero. En general las altas resistencias a la compresión (6001000 Kg/c m<sup>2</sup>) no son objeto de búsqueda en el concreto armado, pues la resistencia a la tracción no crece proporcionalmente con la de compresión. Por otra parte, el aumento consiguiente del módulo elástico trae consigo una reducción de la sección que colabora en la resistencia, al hacer abstracción de la zona solicitada a tracción. La plasticidad produce fenómenos de adaptación que mejoran 13,9 condiciones de trabajo de los y elementos, que serían utilizados en forma incompleta en un régimen puramente elástico (Gonzales, 1962).

## **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. Por ello, debemos evitar a toda costa su depósito en vertedero y avanzar en su correcta gestión en las plantas de reciclaje que estén autorizadas a ello (Cabanillas, 2017).

Para la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER), miembro del Comité Organizador de SRR, en la actualidad existe recorrido para aprovechar todo el potencial que ofrece este sector. “Aunque el caucho se recicla cada vez más con nuevas aplicaciones, una gran parte del mismo se emplea como combustible alternativo con fines energéticos”, asegura Alicia García-Franco, directora general de la FER. “Para optimizar la capacidad tecnológica de las plantas de recuperación y reciclado de NFU, es necesario promover nuevos proyectos y concienciar a la sociedad de las opciones que ofrece el caucho reciclado, de forma que se consuman productos hechos con este material”, añade la responsable de esta Federación (Cabanillas, 2017).

Por su propia naturaleza, el caucho ofrece muchas posibilidades al reciclarlo. Entre otras utilidades, las distintas fracciones de este material se pueden utilizar para la fabricación de suelos elásticos prefabricados en forma de baldosas, planchas o rollos, para pavimentos deportivos o parques infantiles.

Las partículas de tamaño intermedio pueden dedicarse a rellenar campos de césped artificial, y las más finas como aditivo para mejorar la calidad de las mezclas asfálticas y como componente para la fabricación de piezas en la industria del caucho. Además, este material es un excelente aislante, tanto térmico como acústico, un campo donde existe una importante vía de desarrollo para el sector. Alternativas como estas permiten dar una salida más útil y eficiente al elevado volumen de neumáticos (Cabanillas, 2017).

## Composición de los Neumáticos

Los neumáticos o llantas están compuestas de una gran cantidad de materiales, que les dan dependiendo del uso al cual se destinan, sus características especiales como resistencia a la carga, posibilidad de manejar alta presión, características de adherencia, entre otros (Cabanillas, 2017).

**Tabla N° 2:** *Composición típica de llantas*

Material	Combinación	
	Automóviles	Camiones
Caucho Natural	14	27
Caucho Sintético	27	14
Rellenos Reforzantes	28	28
Acero	14	15
Antioxidantes y Rellenos	17	16

Fuente: secretaria de medio ambiente - Bogotá (2006).

**Tabla N° 3:** *Composición y características entre neumáticos*

Composición y Características	Autos Camionetas	Camionetas Buses
Caucho Natural	14%	27%
Caucho Sintético	27%	14%
Negro de Humo 28%	28%	28%
Acero	14 – 15%	14 – 15%
Fibra Textil, Suavizantes, Óxidos, Antioxidantes	16 – 17%	16 – 17%
peso	8.6 Kg	45.5 Kg
volumen	0.06 m3	0.36 m3

Fuente: Rubber Manufacturers Association.

Los neumáticos tienen más de 200 materias distintas necesarias; Neumáticos negros de carbono, sílices, azufres, plastificantes, vulcanizantes y también hilos metálicos o textiles como el poliéster, el rayón, el kevlar. Estas diversas materias primas se convertirán en un sin número de elementos, productos planos o perfilados, telas

metálicas o textiles, aros. El conjunto de estos productos dará al neumático sus propiedades de elasticidad, resistencia al desgaste, adherencia y longevidad (Cabanillas, 2017).

**Tabla N° 4:** *Análisis químico del neumático*

<b>Elemento</b>	<b>Porcentaje</b>
Carbono (C)	70
Hidrogeno (H)	7
Azufre (S)	1.3
Cloro (Cl)	0.2...0.6
Fierro (Fe)	15
Óxido de Zinc (ZnO)	2
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	5
Cromo (Cr)	97 ppm
Níquel (Ni)	77 ppm
Plomo (Pb)	60 – 760 ppm
Cadmio	5 – 10 ppm
Talio	0.2 – 0.3 ppm

Fuente: Combustibles alternativos – Holderbank (1997)

**Tabla N° 5:** *Composición aproximada de un neumático de automóvil en peso*

Caucho	62.0
Betún	3.0
Óxido de Zinc	3.0
Negro de Humo	25.0
Ácido Estearico	2.5
Alquitrán Pino	1.3
Azufre	2.0
Antioxidante	0.6
Acelerado	0.6
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

Fuente: [www.goodyear.cl](http://www.goodyear.cl)

## **PROCESOS DE RECUPERACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS PARA SU RECICLAJE:**

### **Termólisis**

La termólisis es la reacción en la que un compuesto se separa al menos de otros dos cuando se somete a temperaturas elevadas. Los neumáticos se someten a un calentamiento anaerobio (sin presencia de oxígeno). Las altas temperaturas y la ausencia del oxígeno destruyen los enlaces químicos que forman en sí el neumático, de forma que aparecen cadenas de hidrocarburos que son los compuestos originales del neumático. Mediante este proceso se obtienen metales, hidrocarburos sólidos y gaseosos que pueden volver a la producción de neumáticos u a otras actividades (Cabanillas, 2017).

### **Pirolisis**

La pirolisis es la descomposición química de la materia orgánica y de todo tipo de materiales excepto metales y vidrios causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno, pero sin producir dioxinas ni furanos muy contaminantes al medioambiente. En el caso de los neumáticos mediante pirolisis se produce la degradación del caucho mediante la aplicación de calor obteniendo: GAZ, un gas similar al propano que se puede emplear para su uso industrial, y aceite industrial líquido que puede ser refinado en diésel, coke y acero (Cabanillas, 2017).

### **Incineración**

La incineración es la combustión completa de la materia orgánica hasta su conversión en cenizas llevada a cabo en hornos mediante oxidación química en presencia de un exceso de oxígeno. Este es un proceso costoso que además presenta la dificultad de las diferentes velocidades de combustión de los materiales que forman el neumático y la necesidad si o si de una depuración de los residuos gaseosos que se emiten en el proceso por lo que es un proceso que no es fácil de controlar. Este proceso genera calor que puede ser usado como energía. En el caso de que la incineración no estuviera controlada el impacto ambiental sería elevadísimo: liberación de gases como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de zinc, óxidos de plomo.

Además, el hollín contiene cantidades importantes de hidrocarburos aromáticos policíclicos altamente cancerígenos y también muchos de los residuos generados son solubles al agua por lo que entrarían en la cadena trófica y de ahí a los seres humanos (Cabanillas, 2017).

## **MÉTODOS FÍSICOS**

### **Trituración Criogénica**

La trituración criogénica consiste en congelar con nitrógeno líquido llantas enteras, las cuales son golpeadas para obtener el caucho en forma de polvo, con liberación de nitrógeno gaseoso.

Este proceso tiene como ventaja el reducido tamaño de las partículas obtenidas y como desventaja el hecho de que las partículas de acero y caucho se encuentran mezcladas; adicionalmente requiere instalaciones con altos costos de inversión y mantenimiento, así como maquinaria altamente especializada.

Este método necesita unas instalaciones muy complejas lo que hace que tampoco sean rentables económicamente y el mantenimiento de la maquinaria y del proceso es difícil. La baja calidad de los productos obtenidos y la dificultad material y económica para purificar y separar el caucho y el metal entre sí y de los materiales textiles que forman el neumático provoca que este sistema sea poco recomendable (Cabanillas, 2017).

### **Trituración Mecánica**

Este proceso es puramente mecánico, no existen agentes químicos ni adición de calor. Consta de pasar el neumático inicial por una serie de triturados sucesivos hasta conseguir reducir su volumen a un tamaño de salida muy pequeño, el cual dependerá del uso posterior que se le vaya a dar al producto (Cabanillas, 2017).

### **Conversión de neumáticos en energía eléctrica**

Los residuos de neumáticos una vez preparados pueden convertirse en energía eléctrica utilizable en la propia planta de reciclaje o conducida a otras instalaciones distribuidoras. Los residuos se introducen en una caldera donde se realiza la

combustión. El calor que se libera en la misma se convierte en vapor de elevada temperatura y presión que se conduce hasta una turbina. Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella produce electricidad, que tiene que ser transformada posteriormente para su uso directo.

La mayor ventaja de este proceso es que se obtienen productos de buena calidad con un reducido número de etapas de proceso; adicionalmente no requiere de etapas de purificación ya que no se emplean sustancias ajenas a las llantas.

Este es el método empleado en el presente estudio para obtención de las partículas de caucho reciclado usadas.

El proceso de transformación del caucho por el método de la trituración mecánica es el siguiente:

#### **Desgarradora de llantas-acero:**

Extrae el aro de acero de la llanta, obteniendo un acero que es nuevamente aprovechado en las siderúrgicas (Cabanillas, 2017).

#### **Primer proceso de trituración:**

Las llantas son puestas en una banda que las dirige a la tolva principal en cuyo interior hay varios juegos de cuchillas de acero de alta resistencia, que cuentan con una capacidad de procesamiento de dos (2) toneladas/hora, de allí se obtienen los trozos de caucho con tamaño aproximado de 120 mm (Cabanillas, 2017).

#### **Pre-granulador o raspar:**

Equipo de molienda secundaria que tiene una capacidad de cuatro (4) toneladas/hora y que alimenta dos granuladores. A partir del pre-granulador es eliminado el acero hasta obtener un producto libre de metal (Cabanillas, 2017).

#### **Planta de granulometría fina:**

Dos molinos granuladores producen gránulos entre malla 8 y malla 30; uno de los productos de mayor aceptación dentro del mercado mundial utilizado en la construcción de carreteras ecológicas (Cabanillas, 2017).

**Extractor de fibra:**

Un conjunto de ciclones extrae la fibra del material generado por el molino granulador, que puede incorporarse a los procesos de fabricación de artículos de cemento, como tejas entre otros (Cabanillas, 2017).

**Extractor de acero:**

El acero hecho casi polvo es separado del granulo de caucho en la última etapa, gracias a la presencia de dos electroimanes en línea (Cabanillas, 2017).

**JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El aporte teórico de la investigación se basa en que los estudios realizados a nivel local, nacional e internacional concluyen que estos concretos con fibras de caucho sintético reciclados tiene la versatilidad de la resistencia a la compresión, con altas resistencias a la flexión y al corte. Por tal motivo que al resultar la sustitución parcial del agregado grueso en un (10% y 20%) por fibras de caucho de neumáticos reciclados, se mejoraría las propiedades físicas y mecánicas del concreto proponiendo así un nuevo material de construcción para la elaboración de concreto estructural. Finalmente, la utilización de este material reducirá la contaminación ambiental y por ende su impacto en el ambiente.

**PROBLEMA**

El crecimiento urbano mundial es considerable en los países en desarrollo, y van de la mano con las actividades de la construcción, la cual es generadora de una gran cantidad de residuos, que generan impactos negativos en el medio ambiente y la salud; la reutilización de dichos residuos constituye una alternativa sujeta al principio de minimización y prevención de riesgos ambientales y protección de la salud, que promueve el bienestar humano y desarrollo sostenible del país.

Por otra parte, En la actualidad el caucho de neumáticos reciclados se le ha dado diferentes usos en la rama de la construcción, como formar parte del material en la elaboración de gras artificial, en pavimentación, además como protección en los

parques, etc. Pero en el caso de un enfoque estructural aun no es investigado ni aplicado en el Perú.

Por ello es innovador realizar una investigación de las propiedades del caucho y la adición del mismo en la mezcla de concreto, además verificar si la nueva mezcla es beneficiosa para una estructura de concreto armado.

### Formulación del problema

¿Cuál será la resistencia a la compresión y flexión de un concreto sustituyendo el agregado grueso en 10% y 20% con fibras de caucho reciclado, en comparación con un concreto patrón 210 KG/CM<sup>2</sup>-Huaraz, 2018?

## CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

### Variable Dependiente:

**Tabla N° 6:** Variable dependiente - Compresión

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador
Resistencia a la compresión del concreto	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga 210 kg.	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 7:** Variable dependiente - Flexión

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador
Resistencia a la Flexión del concreto	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga 210 kg.	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

## Variable Independiente:

Tabla N° 8: Variable Independiente

Variable	Definición Operacional	Indicador
Sustitución de fibra de caucho reciclado	Sustitución de dos porcentajes de fibra de caucho reciclado al agregado grueso en el diseño de concreto $f'c=210 \text{ kg/c m}^2$	Porcentajes 10% y 20%

Fuente: Elaboración propia

## HIPÓTESIS

La sustitución del agregado grueso en un 10% y 20% por fibras de caucho reciclado mejorara la resistencia a compresión y flexión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Determinar la resistencia a la compresión y flexión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo el agregado grueso por fibras de caucho reciclado a un 10% y 20%.

### Objetivos Específicos

Propiedades físicas y químicas del caucho reciclado.

Determinar la relación A/C del concreto patrón y experimental.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental, comparar y analizar resultados.

Determinar la resistencia a la flexión del concreto patrón y experimental, comparar y analizar resultados.

## II. METODOLOGÍA DE TRABAJO

### Tipo y Diseño de Investigación

#### Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue explicativa porque se pretende explicar el porqué de cada uno de los comportamientos mecánicos que se obtengan mediante los ensayos de laboratorio. El tipo de investigación fue aplicada, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados al diseño de mezcla, mejorando así las propiedades del concreto tales como: resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad.

#### Diseño de Investigación

fue un diseño cuasi experimental del tipo en bloque completo al azar, porque estudiaremos el diseño del concreto convencional en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de un porcentaje de FCR. El estudio en su mayor parte se centrará en los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos, de acuerdo con lo planeado en los objetivos.

#### Resistencia a la Compresión

Tabla N° 9: Resistencia a la compresión

Edades de ensayo (Días)	Concreto Patrón	(10 % de Fibras de Caucho Reciclado)	(20% de Fibras de Caucho Reciclado)
7			
14			
28			

Fuente: Elaboración propia

## Resistencia a la Flexión

Tabla N° 10: Resistencia a la Flexión

Edades de ensayo (Días)	Concreto patrón	(10 %de fibras de caucho reciclado)	(20% de fibras de caucho reciclado)
7			
14			
28			

Fuente: Elaboración propia

## Población y Muestra

Se tuvo un conjunto de probetas de concreto capaz cumplir las condiciones de resistencias indicadas de acuerdo con las normas técnicas peruanas Para la elaboración de las unidades de estudio se utilizaron las siguientes referencias:

- Fibras de caucho reciclado.
- Agregados naturales de la cantera de “Tacllan-Rolan”. El material será llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad.
- Cemento portland Tipo I de la marca “Sol”.

La muestra estuvo conformada por 27 probetas, para este estudio se trabajará con una muestra de 9 testigos con  $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$  de dimensiones de  $30 \times 15 \times 15 \text{cm}^3$ ,

## Técnica e Instrumentos

Tabla N° 11: Técnicas e Instrumentos

TECNICA	INSTRUMENTO
La Observación	Guía de observación Resumen. Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.

Fuente: Elaboración propia

Se utilizará como instrumento una guía de observación resumen, que permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión y flexión.

### **Procesos y Análisis de Datos**

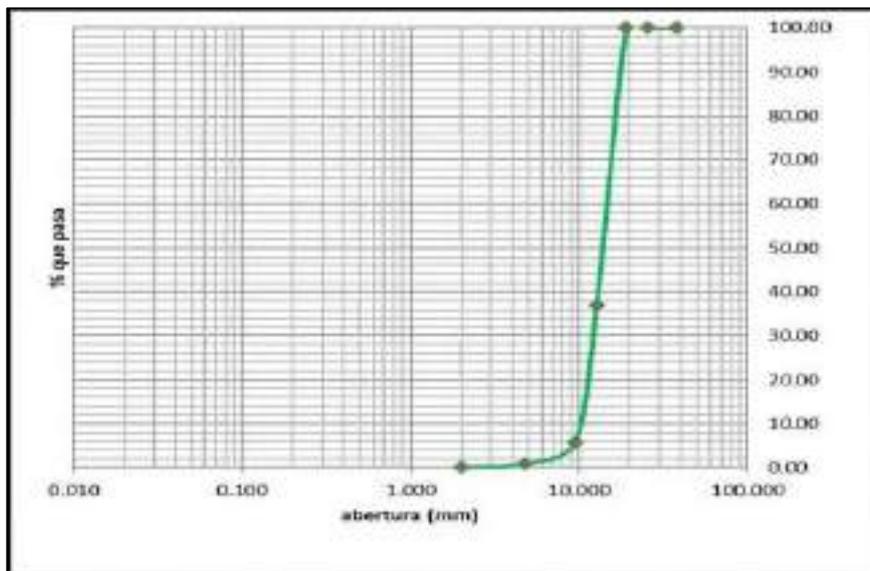
Los datos recolectados, mediante el método de la experimentación, se procederá a procesarlos mediante los programas Excel y SPSS. Para el análisis se aplicará los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales para la presentación, descripción, análisis e interpretación de datos obtenidos en la observación por cada indicador ensayado. Los datos serán analizados con una tabla, gráfico, media, varianza, porcentajes y con una prueba de hipótesis ANOVA.

### III. RESULTADOS

La obtención de las cantidades de materiales para la elaboración de los especímenes de concreto se realizó mediante el diseño de mezcla establecido por el Instituto Americano del Concreto (ACI), habiéndose realizado previamente el estudio de agregados, cuyos resultados se resumen a continuación:

#### Propiedades del Agregado Grueso:

- a) Contenido de Humedad: 0.77%.
- b) Porcentaje de absorción: 0.82%
- c) Peso específico de masa: 2.66 T/m<sup>3</sup>
- d) Peso unitario suelto: 1445 Kg/m<sup>3</sup>
- e) Peso unitario compactado: 1552 Kg/m<sup>3</sup>
- f) Granulometría:

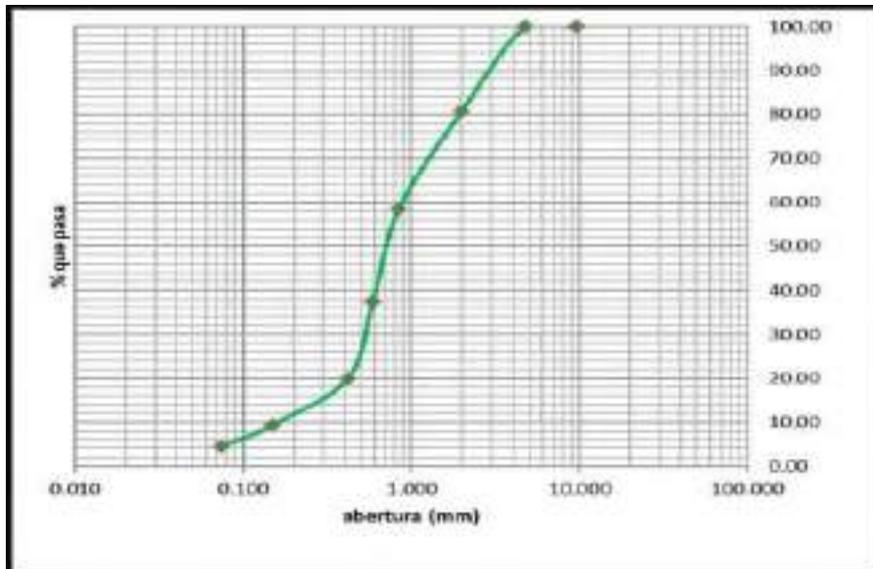


**Figura N° 4:** Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Reporte de Laboratorio - Universidad San Pedro – Huaraz

### Propiedades del Agregado Fino:

- a) Contenido de Humedad: 3.04%.
- b) Porcentaje de absorción: 1.21%
- c) Peso específico de masa: 2.61 T/m<sup>3</sup>
- d) Peso unitario suelto: 1566 Kg/m<sup>3</sup>
- e) Peso unitario compactado: 1676 Kg/m<sup>3</sup>
- f) Granulometría:



**Figura N° 5:** Estimación del agua del mezclado y contenido de aire

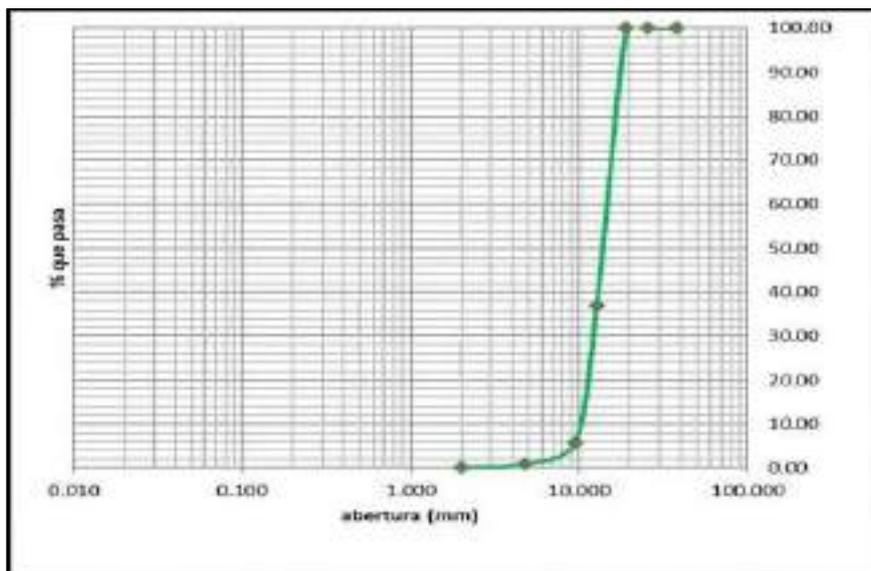
Fuente: Reporte de Laboratorio - Universidad San Pedro – Huaraz

El módulo de fineza determinado mediante el análisis granulométrico es de 3.00, debido a que para el diseño de mezcla por el método del ACI, la tabla para determinar el peso del agregado grueso admite valores de hasta 3.00 para el módulo de fineza del agregado fino, se considerará como 3.00 por ser mínima la variación.

### Propiedades del Caucho Reciclado:

- a) Contenido de Humedad: 0%

- b) Porcentaje de absorción: 0.00%
- c) Peso específico de masa: 1.16 T/m<sup>3</sup>
- d) Peso unitario suelto: 699 Kg/m<sup>3</sup>
- e) Peso unitario compactado: 670 Kg/m<sup>3</sup>
- f) Granulometría:



**Figura N° 6:** Curva granulométrica del caucho reciclado

Fuente: Reporte de Laboratorio - Universidad San Pedro – Huaraz

## **CANTIDAD DE MATERIALES PARA CALCULAR EL CONCRETO PATRON DE PROBETAS Y VIGUETAS**

La cantidad de cemento, agua, agregado grueso y agregado fino por metro cubico de concreto para un  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ , es el que se muestra a continuación:

### **Probetas:**

Cemento: 315.06 Kg/m<sup>3</sup>

Agua: 168.92 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino: 849.57 Kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso: 938.376 Kg/m<sup>3</sup>

**La Cantidad de Materiales para 9 Probetas:**

Cemento: 19.35 Kg

Agua: 9.90 Kg

Agregado fino: 52.38 Kg

Agregado grueso: 56.25 Kg

**Viguetas:**

Cemento: 315.06 Kg/m<sup>3</sup>

Agua: 168.92 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino: 849.57 Kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso: 938.376 Kg/m<sup>3</sup>

**La Cantidad de Materiales para 9 Viguetas:**

Cemento: 31.90 Kg

Agua: 17.10 Kg

Agregado fino: 86. Kg

Agregado grueso: 95.01 Kg

**CANTIDAD DE MATERIAL PARA MI CONCRETO EXPERIMENTAL**

Las cantidades de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua para la preparación del concreto fueron determinadas mediante el diseño de mezcla por el método del ACI, a partir de ello se pudo determinar las cantidades de fibras de caucho reciclado de acuerdo a los porcentajes de sustitución establecidos mediante cálculos aritméticos simples, los cálculos correspondientes al diseño de mezcla se anexan en el apartado VIII del presente.

A continuación, se muestra la cantidad de materiales para la sustitución del agregado grueso:

**Probetas:**

La cantidad de materiales para 9 probetas en la sustitución del 10% de caucho

Cemento:	19.35 Kg
Agua:	9.90 Kg
Agregado fino:	52.28 Kg
Agregado grueso:	50.62 Kg
Caucho:	3.81 Kg

La cantidad de materiales para 9 probetas en la sustitución del 20% de caucho

Cemento:	19.35 Kg
Agua:	9.90 Kg
Agregado fino:	52.28 Kg
Agregado grueso:	45.00 Kg
Caucho:	7.61 Kg

**Viguetas:**

La cantidad de materiales para 9 viguetas en la sustitución del 10% de caucho

Cemento:	31.90 Kg
Agua:	17.10 Kg
Agregado fino:	86. Kg
Agregado grueso:	85.51 Kg
Caucho:	4.07 Kg

La cantidad de materiales para 9 viguetas en la sustitución 20% de caucho

Cemento:	31.90 Kg
Agua:	17.10 Kg

Agregado fino:	86. Kg
Agregado grueso:	76.01 Kg
Caucho:	8.14 Kg

### COMPOSICION FISICA Y QUIMICA DEL CAUCHO RECICLADO

**Análisis Granulométrico del Caucho Reciclado:** Se realizó el ensayo de granulometría en el laboratorio de la universidad san pedro donde se pasó el caucho reciclado por tamaños en el tamizado, para así obtener el tamaño requerido de caucho para dicho experimento.

**Tabla N° 12:** *Análisis granulométrico del caucho reciclado*

N°	TAMIZ	PESO RETEN.(gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERT. (mm)				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	512.30	61.61	61.61	38.39
3/8"	9.500	187.70	22.57	84.19	15.81
N°4	4.750	96.50	11.61	95.79	4.21
N°8	2.360	35.00	4.21	100.00	0.00
N°16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N°30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N°50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N°100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N°200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>831.50</b>	<b>100.00</b>		

Fuente: Reporte de Laboratorio - Universidad San Pedro – Huaraz

**Peso Específico del Caucho Reciclado:** Se realizó el siguiente ensayo en el laboratorio de la universidad San Pedro, donde se experimentó el peso específico del caucho por desplazamiento en una probeta con cierto volumen de agua.

**Tabla N° 13:** *Peso específico del caucho reciclado*

PESO DE MATERIAL	20.8	gramos
VOL. DESPLAZAMIENTO	18	gramos cm <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO	$D=P/V = 20.8/18$	
PESO ESPECIFICO DEL CAUCHO	1.16	

Fuente: Reporte de Laboratorio - Universidad San Pedro – Huaraz

Ensayo de fluorescencia del caucho reciclado: El proceso de Activación y Caracterización del caucho y Fluorescencia de Rayos X respectivamente, se realizó una secuencia, desde la obtención de fibras de caucho reciclado, para que se obtengan las características y propiedades necesarias: Recolección, Tamizaje, Fluorescencia de Rayos X.



**Figura N° 7:** *Caucho triturado*

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la composición del caucho fue necesario realizar el análisis de una muestra por fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), a través de esta prueba se pudo determinar la factibilidad de sustituir al cemento por cal, los aspectos evaluados fueron las cantidades de Óxidos de Calcio y Silicio.

**Tabla N° 14:** *Composición elemental de fibra de caucho en % de masa*

<b>Elementos</b>	<b>Concentración % Masa</b>
Al	1.534
Si	4.307
S	1.101
Cl	0.067
K	0.085
Ca	0.112
Ti	0.002
Fe	0,031
Co	0.002
Ni	0,019
Cu	0.116
Zn	2.339

Fuente: Ensayo FRXDE-UNMSM

## **ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO**



**Figura N° 8:** *Asentamiento de una mezcla con 10% de caucho reciclado*

Fuente: Elaboración propia

## **RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de compresión

### **Concreto Patrón:**

Elaborado con el 100% de agregado grueso calculado en el diseño de mezcla, siendo la resistencia de diseño  $f^c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, se alcanzó una resistencia  $f^c=212.14$  Kg/cm<sup>2</sup>. En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de curado.

**Tabla N° 15: Resistencia a la compresión de Probetas Patrón**

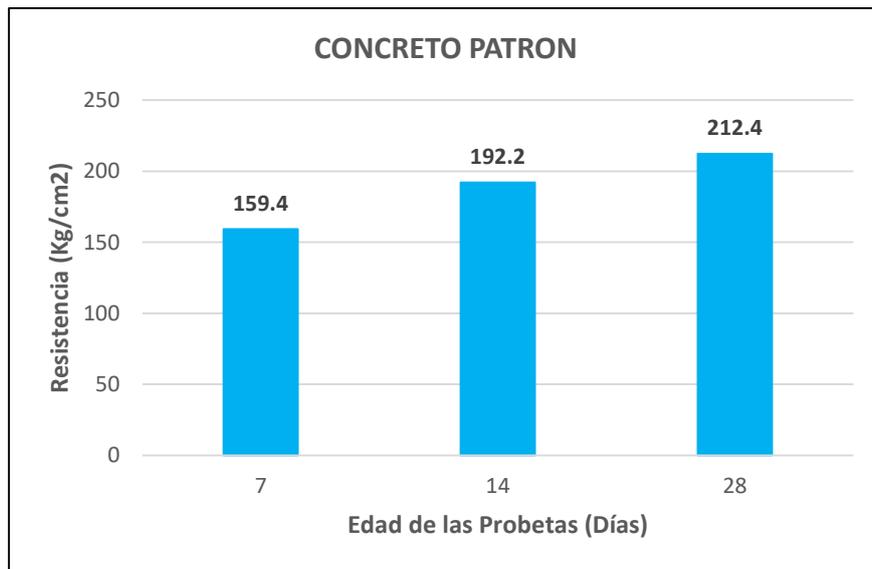
MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA
<b>PROBETA PATRON</b>	7	1	15.20	181.46	158.1	159.4	0,7 F'c	75.93%
		2	15.10	179.08	156.3		147	
		3	15.00	176.72	163.9		Kg/cm <sup>2</sup>	
	14	4	15.20	181.46	187,0	192.2	0,85 F'c	91.5%
		5	15.10	179.08	192.9		178.5	
		6	15.00	176.72	196.6		Kg/cm <sup>2</sup>	
	28	7	15.20	181.46	207.9	212.4	F'c	101.2%
		8	15.00	176.72	215.1		210	
		9	15.20	181.46	214.2		Kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz

**Tabla N° 16:** Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón

Descripción	Edad ( Días)	F' c Obtenida (Kg/cm2)
Concreto Patrón	7	159.4
	14	192.2
	28	212.4

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz



**Figura N° 9:** Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón a los 7,14 Y 28 días de curado

Fuente: Tabla N° 16

### **Experimento al 10 % de Caucho:**

En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7,14 y 28 días de curado.

**Tabla N° 17:** Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales 10% de caucho

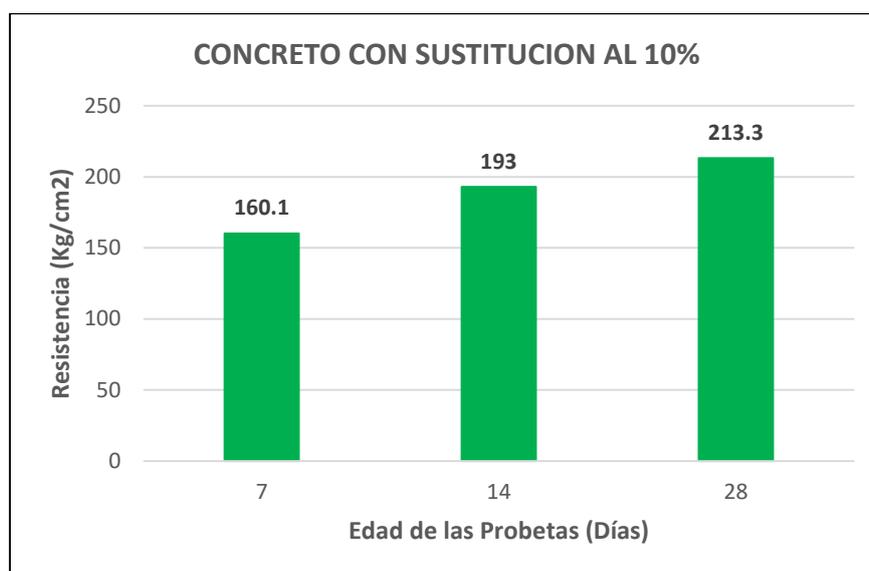
MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA
<b>EXP. AL 10% DE CAUCHO</b>	7	1	15.20	181.46	162.5	160.1	0,7 F'c	76.3%
		2	15.00	176.72	159.7		147	
		3	15.10	179.08	158.0		Kg/cm <sup>2</sup>	
	14	4	15.00	176,72	194.2	193.0	0,85 F'c	91.9%
		5	15.10	179.08	192.5		178.5	
		6	15.00	176.72	192.3		Kg/cm <sup>2</sup>	
	28	7	15.10	179.08	212.8	213.3	F'c	101.6%
		8	15.20	181.46	209.4		210	
		9	15.10	179.08	217.7		Kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz

**Tabla N° 18:** Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la sustitución 1

Descripción	Edad ( Días)	F' c Obtenida (Kg/cm2)
Concreto experimental 10% de caucho	7	160.1
	14	193.0
	28	213.3

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz



**Figura N° 10:** Resistencia a la compresión adquirida por la sustitución del 10% de fibras de caucho reciclado a los 7,14 Y 28 días de curado

Fuente: Tabla N° 18

**Experimento al 20% de Fibras de Caucho Reciclado:**

En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7,14 y 28 días de curado

**Tabla N° 19:** Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales 20% de caucho

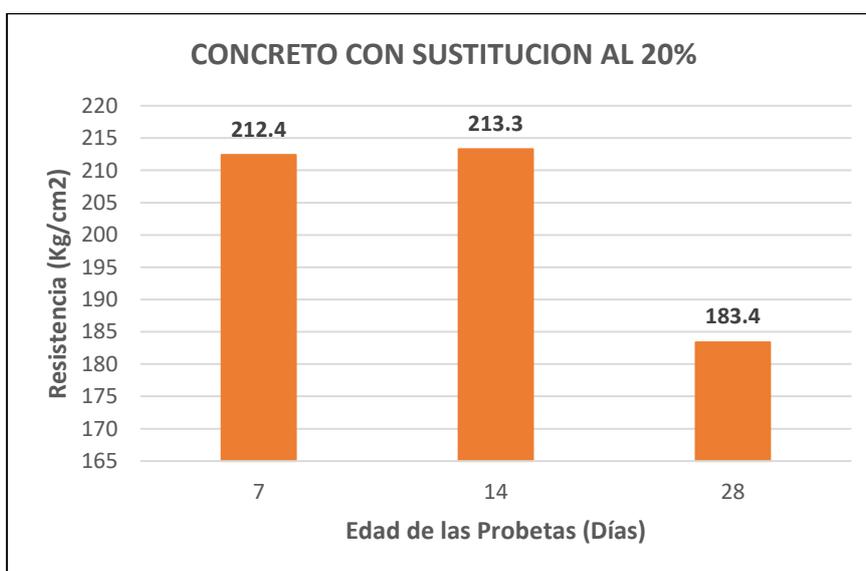
MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA
EXP. AL 20% DE CAUCHO	7	1	15.10	179.08	137.3	139.1	0,7 F'c	66.2%
		2	15.10	179.08	137.6		147	
		3	15.00	176.72	142.3		Kg/cm <sup>2</sup>	
	14	4	15.10	179.08	166.5	163.2	0,85 F'c	77.8%
		5	15.00	176.72	163.8		178.5	
		6	15.20	181.46	159.2		Kg/cm <sup>2</sup>	
	28	7	15.10	179.08	179.9	183.4	F'c	78,3%
		8	15.00	176.72	187.3		210	
		9	15.20	181.46	182.9		Kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz

**Tabla N° 20 :** Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la sustitución 2.

Descripción	Edad ( Días)	F' c Obtenida (Kg/cm2)
Concreto experimental 20% de caucho	7	139.1
	14	163.2
	28	183.4

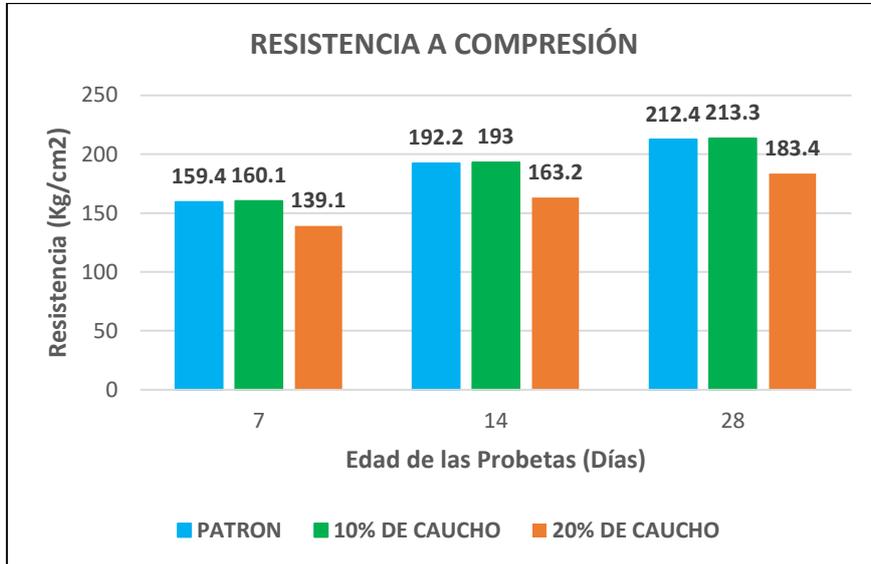
Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz



**Figura N° 11:** Resistencia a la compresión adquirida por la sustitución del 20% de fibras de caucho reciclado a los 7,14 Y 28 días de curado.

Fuente: Tabla N° 20

### Comparativa de resistencias patrón y experimental:



**Figura N° 12:** Comparativa de resistencias patrón y experimental

Fuente: Elaboración Propia

### RESISTENCIA A FLEXION DE VIGUETAS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos a flexión.

**Concreto Patrón:** Elaborado con el 100% de agregado grueso calculado en el diseño de mezcla, siendo la resistencia de diseño  $f'_c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, se alcanzó una resistencia  $f'_c=6.20$  Mpa. En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de curado.

**Tabla N° 21:** Resistencia a la compresión de viguetas Patrón

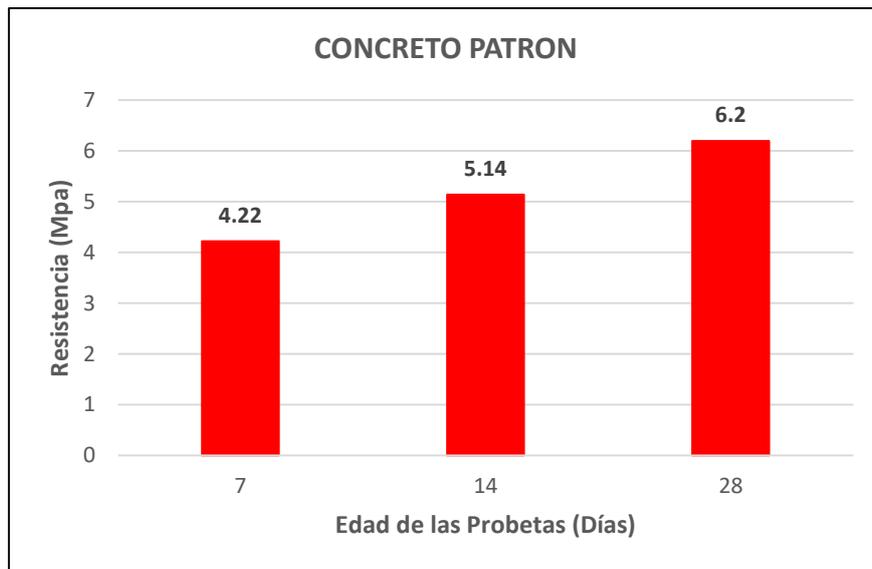
<b>MUESTRA</b>	<b>CURADO (Días)</b>	<b>VIGUETA (Código)</b>	<b><math>\sigma</math> (Mpa)</b>	<b><math>\sigma</math> prom. (Mpa)</b>	<b>RESISTENCIA OBTENIDA</b>
<b>PROBETA PATRON</b>	7	1	3.56	4.22	4.22
		2	4.59		
		3	4.53		
	14	4	4.77	5.14	5.14
		5	5.31		
		6	5.35		
	28	7	5.81	6.20	6.20
		8	6.38		
		9	6.40		

Fuente: Laboratorio de mecánica y suelos D&J S.A.C:

**Tabla N° 22:** Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón

Descripción	Edad ( Días)	F'c Obtenida (Mpa)
Concreto patrón	7	4.22
	14	5.14
	28	6.20

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz



**Figura N° 13:** Resistencia a la flexión adquirida por el concreto patrón a los 7,14 y 28 días de curado

Fuente: Tabla N° 11

**Experimento al 10 % de Fibras de Caucho Reciclado:** En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7,14 y 28 días de curado.

**Tabla N° 23:** Resistencia a la flexión de viguetas Experimentales

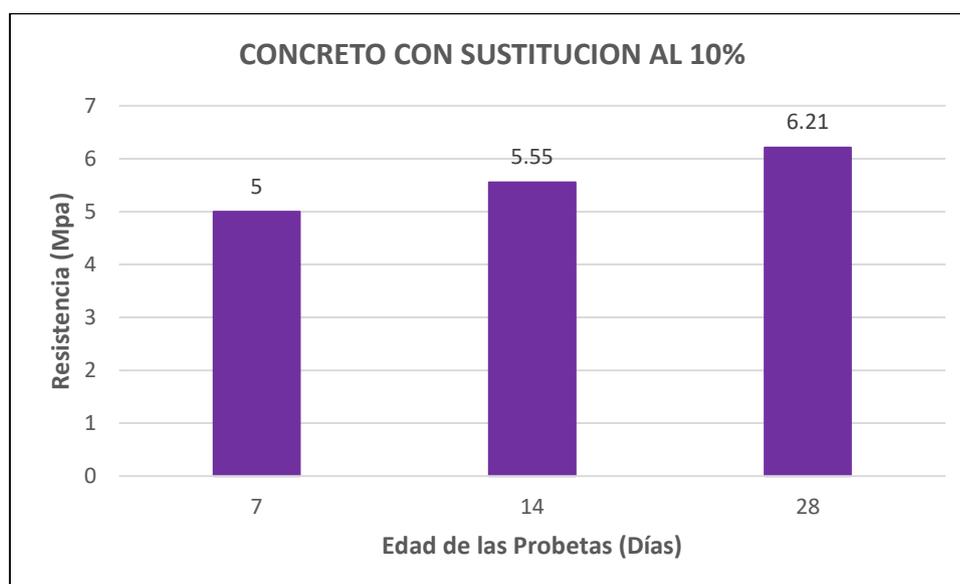
MUESTRA	CURADO (Días)	VIGUETA (Código)	$\sigma$ (Mpa)	$\sigma$ prom. (Mpa)	RESISTENCIA OBTENIDA
<b>EXP. AL 10% DE CAUCHO</b>	7	1	5.07	5.00	5.00
		2	4.80		
		3	5.14		
	14	4	5.49	5.55	5.55
		5	5.24		
		6	5.92		
	28	7	5.20	6.21	6.21
		8	6.72		
		9	6.70		

Fuente: Laboratorio de mecánica y suelos D&J S.A.C:

**Tabla N° 24:** Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la sustitución 1.

Descripción	Edad ( Días)	F'c Obtenida (Mpa)
Concreto Experimental	7	5.00
10% Caucho	14	5.55
	28	6.21

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz



**Figura N° 14:** Resistencia a la flexión adquirida por la sustitución del 20% de fibras de caucho reciclado los 7,14 Y 28 días de curado

Fuente: Tabla N° 24

**Experimento al 20% de Fibras de Caucho Reciclado:** En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7,14 y 28 días de curado.

**Tabla N° 25:** Resistencia a la flexión de viguetas Experimentales

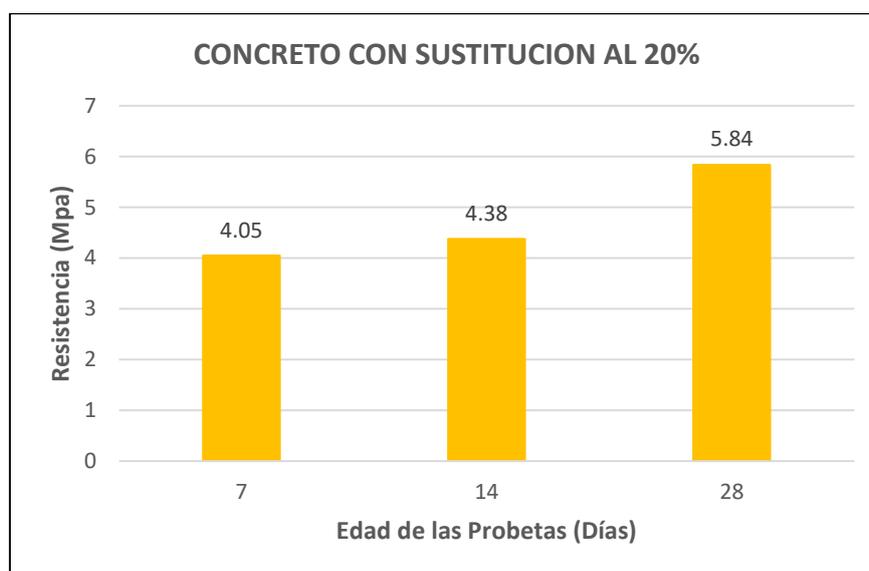
<b>MUESTRA</b>	<b>CURADO (Días)</b>	<b>PROBETA (Código)</b>	<b><math>\sigma</math> ( Mpa )</b>	<b><math>\sigma</math> prom. ( Mpa )</b>	<b>RESISTENCIA OBTENIDA</b>
<b>EXP. AL 20% DE CAUCHO</b>	7	1	3.94	4.05	4.05
		2	4.19		
		3	4.03		
	14	4	4.41	4.38	4.38
		5	4.29		
		6	4.45		
	28	7	5.70	5.84	5.84
		8	5.80		
		9	6.01		

Fuente: Laboratorio de mecánica y suelos D&J S.A.C:

**Tabla N° 26:** Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la sustitución 2

Descripción	Edad ( Días)	F'c Obtenida (Mpa)
Concreto Experimental 20% Caucho	7	4.05
	14	4.38
	28	5.84

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP – Huaraz



**Figura N° 15:** Resistencia a la compresión adquirida por la sustitución del 20% de caucho a los 7,14 Y 28 días de curado

Fuente: Tabla N° 26

Para la prueba De Hipótesis: Se usó el Programa SPSS v21. En el cual se evaluaron las edades de 7,14 y 28 días, considerando 3 tipos de concreto evaluados: Concreto control o patrón, es el concreto sin sustitución alguna, Concreto reemplazando el 10% del agregado grueso sustituyendo fibras de caucho reciclado y Concreto reemplazando el 20% del agregado grueso sustituyendo por fibras de caucho reciclado.

En lo correspondiente a la estadística, se usó el análisis de la varianza ANOVA, la cual es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas.

La hipótesis definida para esta evaluación, está de acuerdo a los factores antes ya definidos, tales como los tipos de concreto (Patrón y experimental) y edad de rotura (7, 14 y 28 días), de acuerdo a dicha descripción la prueba ANOVA.

Tomando como referencia la tabla, en la que se muestran las resistencias promedias de acuerdo a la edad de rotura:

**Tabla N° 27:** Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  sustituyendo al agregado grueso en 10% y 20% de caucho reciclado

<b>Días de Curado</b>	<b>Patrón</b>	<b>Exp. Al 10% de Fibras de Caucho Reciclado</b>	<b>Exp. Al 20% de Fibras de Caucho Reciclado</b>
7	159.4	160.1	139.1
14	192.2	193	163.2
28	212.4	213,3	183.4

Fuente: Resultado de ensayos del laboratorio de la USP

Y después de verificar el cumplimiento de los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de varianzas de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento se procedió a realizar la prueba ANOVA. Se realizó el cálculo para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.

**Tabla N° 28:** Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sustitución	502.763	2	251.879	7.376	0.076
Días de curado	1100.354	2	540.125	13.987	0.010
Error	140.644	4	31.698		
<b>Total</b>	<b>1743.761</b>	<b>8</b>			

Fuente: Reporte del Software SSPS

En la tabla anterior se puede visualizar que el p-value  $< \alpha$  ( $0.044 < 0.050$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ : Resistencias medias iguales).

Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas en las probetas de la muestra patrón (sin sustitución). Siendo mayor la resistencia a la compresión en las probetas experimentales con sustitución de 10% de fibras de caucho reciclado.

También se tienen que para los días de curado p-value  $< \alpha$  ( $0.011 < 0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencias de los días de curado.

## **IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de las resistencias obtenidas**

Los ensayos de compresión y flexión de probetas y viguetas de concreto fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, a través de ello se pudo obtener diferentes resistencias a compresión y flexión que se vieron diferenciados por las cantidades de porcentajes de fibras de caucho reciclado que sustituían al agregado grueso en un porcentaje de 10% y 20%.

Análisis comparativo con tesis encontrada referido al tema de investigación.

De acuerdo a lo investigado se pudo observar, analizar y comparar la tesis de la universidad nacional de santa con diferentes porcentajes de caucho reciclado. Donde se pudo comparar resultados obtenidos en laboratorio, que a menor porcentaje de sustitución de fibras de caucho reciclado al agregado grueso será mayor la resistencia a compresión, la mayor resistencia se obtuvo con una sustitución del 5%; en esta investigación con el 10% de caucho tenemos la resistencia máxima a los 28 días igual a 213.3Kg/cm<sup>2</sup> con un incremento del 101.6%, ver Tabla N° 17.

### **Influencia de la sustitución de fibras de caucho reciclado en la consistencia de las mezclas de concreto:**

La medida del asentamiento predice si una mezcla puede ser utilizada o no para la aplicación en la construcción. La mezcla de concreto en estado fresco debe ser lo más homogénea posible y no debe contener vacíos.

Se observa que el asentamiento aumenta en 0.3 cm para la sustitución del 10% de caucho reciclado al agregado grueso, en 1.2 cm para la sustitución del 20% de caucho reciclado al agregado grueso con respecto al concreto patrón, ver Figura N 8.

### **Concreto de cemento sustituido por 10% de fibras de caucho reciclado:**

**Análisis de discusión N°1:** ¿Cuál será la resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo con 10% de fibras de caucho reciclado al agregado grueso, respecto a un concreto patrón  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

La resistencia a la compresión aumenta con la sustitución de 10% fibras de caucho reciclado al agregado grueso, mientras menos sea el porcentaje de sustitución de fibras de caucho reciclado aumenta la resistencia a la compresión, respecto al concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Análisis de discusión N°2:** ¿Cuál será la resistencia a la flexión de un concreto sustituyendo con 10% de fibras de caucho reciclado respecto a un concreto patrón de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días?

El ensayo de resistencia a la flexión no tubo los mismos resultados que los de compresión, disminuyendo su resistencia a la flexión con respecto a un concreto sustituyendo con 10% de fibras de caucho reciclado al agregado grueso con respecto a un concreto patrón.

¿Qué sucede si se considera menores valores puesto que la resistencia a la compresión ha ido aumentando en medida que se disminuyó la sustitución de fibras de caucho reciclado al agregado grueso?

Es probable que a menores valores a 10% de sustitución de fibras de caucho reciclado al agregado grueso aumente la resistencia a la compresión.

### **Concreto de cemento sustituido por 20% de fibras de caucho reciclado**

**Análisis de discusión N°1:** ¿Cuál será la resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo con 20% de fibras de caucho reciclado al agregado grueso, respecto a un concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?

La resistencia a la compresión disminuye con la sustitución de 20% fibras de caucho reciclado al agregado grueso, mientras mayor sea el porcentaje de sustitución de fibras de caucho reciclado disminuye la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Análisis de discusión N°2:** ¿Cuál será la resistencia a la flexión de un concreto sustituyendo con 20% de fibras de caucho reciclado respecto a un concreto patrón de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días?

El ensayo de resistencia a la flexión no tubo los mismos resultados que los de compresión, disminuyendo considerablemente su resistencia a la flexión con respecto a un concreto sustituyendo con 20% de fibras de caucho reciclado al agregado grueso con respecto a un concreto patrón.

**Análisis de discusión N°3:** Se encontró que las resistencias promedias superan las resistencias esperadas en probetas patrones y experimentales, lo que sugiere que la dosificación establecida es adecuada, es recomendable continuar investigaciones con dicha proporción.

Los ensayos de compresión de las probetas de concreto fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, a través de ello se pudo obtener diferentes resistencias a la compresión que se vieron diferenciados por las cantidades de porcentajes de fibras de caucho reciclado que sustituían al agregado grueso en 10% y 20%. Las resistencias a la compresión resultantes de este trabajo investigativo reportan semejanzas con otros autores en distintos contextos, por lo cual se puede decir que sí es posible implementar las prácticas de elaboración y producción de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con fibras de caucho reciclado, tanto en el ámbito local y regional, siempre y cuando se establezca rigurosamente los análisis de las características de los materiales empleados. Nótese que la tendencia de aumento de las resistencias es proporcional a las edades de 7, 14 y 28 días, ver Figura N° 12 donde se observa la comparativa de resistencias patron y experimental.

#### **Combinación Optima:**

¿Qué sucede si se considera menores valores puesto que la resistencia a la compresión ha ido aumentando en medida que se disminuyó la sustitución de fibras de caucho reciclado al agregado grueso?

Es probable que a menores valores a 10% de sustitución de fibras de caucho reciclado al agregado grueso aumente la resistencia a la compresión por lo tanto el resultado será óptimo.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis FRXDE, mediante el cual se buscó determinar la composición física elemental de fibra de caucho reciclado se concluye que la suma de la concentración de estos elementos es de 9.73%, lo cual significa que el resto de material, es decir el 90.27%, está constituido de elementos más livianos que Al, entre los cuales deben predominar el carbono y el oxígeno.

La sustitución parcial de fibras de caucho reciclado en un 10% al agregado grueso, mejoró algunas propiedades físicas y mecánicas del concreto, y ello se comprueba en los ensayos realizados en laboratorio, por lo que se recomienda el uso de este porcentaje de sustitución del árido. Por otro lado, la sustitución del 20% de fibras de caucho reciclado al agregado grueso, disminuyó las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Por lo que no se recomienda su uso.

El porcentaje óptimo de sustitución de agregado grueso por fibras de caucho reciclado es de 10%, ya que se obtuvo el mayor valor de la resistencia mecánica a la compresión (213.3 kg/cm<sup>2</sup>) y flexión (6.21 Mpa).

Por lo tanto, la sustitución del 20 % del agregado grueso por fibras de caucho reciclado influye negativamente en la resistencia mecánica del concreto.

Respecto a los ensayos realizados en laboratorio al agregado fino y agregado grueso del concreto para el logro de una mezcla patrón según las NTP y ASTM, en conclusión, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros y límites establecidos por las normas ya mencionadas, en consecuencia, los agregados se constituyen en elementos aptos para poder realizar los diseños de mezcla necesarios para los estudios.

De las propiedades físicas del concreto se pudo constatar que la trabajabilidad y consistencia del concreto fue poco afectado por la adición del caucho reciclado a un 10%, pero para valores superiores al 20% de sustitución de caucho en la mezcla, sí se produjo una variación considerable en el valor del asentamiento.

De otra de las propiedades físicas se pudo observar que la segregación, en las mezclas concreto-caucho, hubo una distribución homogénea de las partículas de caucho reciclado dentro de las probetas y viguetas. No se observó segregación, esto implica que el cemento, los agregados y el caucho no tienden a separarse, indicando una buena adherencia de este material reciclado al vaciado de los moldes.

.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a las futuras investigaciones a realizar para determinar el porcentaje máximo de fibras de caucho reciclado que se podría sustituir al agregado grueso para la obtención de un concreto con la resistencia de diseño, esto debido a que con el presente y con investigaciones anteriores no se ha determinado aún dicho porcentaje y su determinación significaría un aporte significativo en la construcción mediante la reducción de costos en la fabricación del concreto.

Se recomienda que las partículas de fibras de caucho reciclado sean de medidas de entre 1-5 mm, dado que queda demostrado que a menor medida del caucho reciclado mayor será la resistencia del concreto para trabajos de construcción.

Se recomienda que la sustitución de fibras de caucho reciclado tanto para el agregado grueso y agregado fino sea menor al 10%, ya que usando mayores sustituciones se pudo experimentar variaciones considerables en los ensayos obtenidos en laboratorio.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, C., y Flavio, H. Tecnología del concreto. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/JOSEPEDROURCIAMIRAND/tecnologia-delconcretomonografia>.

Alabo, C., y Camacho, N. Influencia de la adición de caucho de reciclaje a compuestos de concreto Portland, tipo I: Ensayos destructivos y no destructivos. En su investigación para optar el título de ingeniero civil. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. 2005.

Amziane, M. Tiempo de Fraguado del Hormigón. En su tesis para optar el título de ingeniero civil. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN. 2008.

ARGOS COLOMBIA. Ficha técnica de cemento gris tipo uso general, Recuperado de: <file:///c:/users/nramos/downloads/cemento%20gris%20de%20uso%20general.pdf> (citado en 08 de noviembre 2016).

ASOCEM. Neumáticos de Asociación de productos de cemento, Recuperado de: [http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wpcontent/uploads/2011/12/2006\\_caucho-de-cubiertas-en-mezclas-asfalticas\\_4%c2%baproqcma.pdf](http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wpcontent/uploads/2011/12/2006_caucho-de-cubiertas-en-mezclas-asfalticas_4%c2%baproqcma.pdf) (citado en 2013).

Avila, M., Díaz, A., y Somyaji, G.: Tiempo de fraguado del hormigón. Recuperado de: [https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wpcontent/uploads/2011/12/Tesis2008\\_Anabela-Gabalec\\_Tiempo-de-Fraguado-del-Hormigon.pdf](https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wpcontent/uploads/2011/12/Tesis2008_Anabela-Gabalec_Tiempo-de-Fraguado-del-Hormigon.pdf).

Bernal, C., (2006) “Metodología de la Investigación”, Pearson Educación, México.  
Recuperada, de: [http://books.google.com.pe/books?id=h4X\\_eFai59oC&printsec=frontcover&hl=es&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.pe/books?id=h4X_eFai59oC&printsec=frontcover&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).

Bizinotto, M. y Riba, J. Realización de ensayos de laboratorio de hormigón con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU”). En su tesis para optar el título de ingeniero civil. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA. 2009.

Burg., S (1996) del American Concrete Institute (ACI).

Cabanillas, E. Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado; y tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. En la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1029/TESIS%20%22COMPORTAMIENTO%20FÍSICO%20MECÁNICO%20DEL%20CONCRETO%20HIDRÁULICO%20ADICIONADO%20CON%20CAUCHO%20RECICLADO%22>.

Calle, J. Estudio comparativo del concreto convencional y concreto reforzado con fibras de caucho sintético reciclado. En su tesis para optar el título de ingeniero civil. UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN. 2017

CEMEX COLOMBIA. Normas técnicas colombianas del concreto y aditivos <<http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor/NormatividadConcreto.aspx>>( citado en 2017).

Céspedes, M. Resistencia a la comprensión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido. Tesis para optar el título de Licenciado en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Piura, Perú. 2003.

DAGMA. El caucho y su impacto, Recuperado de: <<http://www.dagma.gov.co>> (citado noviembre, 2014).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Bases del plan nacional de desarrollo 2014-2018. Colombia, 2014, Recuperado el 15 de noviembre 2014, <<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/prensa/bases%20plan%20nacional%20de%20desarrollo%202014-2018.pdf>> (citado en 2014).

Díaz, G. Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cementos puzolánicos atlas en la ciudad de Huancayo. (Magister en carrera), Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017..

Engenharia civil universidade de Sao Paulo, Recuperado de: <<http://www.prpg.usp.br/index.php/pt-br/faca-pos-na-usp/programas-de-pos-graduacao/121-engenharia-civil>> (citado en 2017).

Eraso, H., y Ramos, N.: Comportamiento Mecánico Del Concreto Sustituyendo Parcialmente El Agregado Fino Por Caucho Por Caucho Molido Recubierto Con Polvo Calcáreo; y tesis para obtener el título de ingeniería civil de la : UNIVERSIDAD PONTIFICIA UNIVERSIDAD. Recuperado de: <[http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3431/Estudio\\_comportamiento\\_mecanico.pdf?sequence=1](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3431/Estudio_comportamiento_mecanico.pdf?sequence=1)> (citado en 2015).

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO. trabajo de grado Magister en Ingeniería Civil con énfasis en estructuras Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho, Recuperado de: <<file:///C:/Users/CARLOS/Downloads/TESIS%20%20CONCRETO%20ADICIONADO%20CON%20RESIDUOS%20DE%20LLANTAS%20DE%20CAUCHO%202077802.pdf>> (Citado Bogotá-Colombia, 2014).

- Gabalec, M. Tiempo de fraguado del hormigón. En su tesis para optar el título de ingeniero civil. UNIVERSIDAD LA PLATA – ARGENTINA.2008.
- Gonzales, M., Tecnología Del Concreto Diseño De Mezclas en el Perú. Editorial – Lima. 1962.
- Grudemo, A. (1975). Desarrollo de las propiedades de resistencia de las pastas hidratantes de cemento y su relación con las características estructurales, Proc.Symp.on Some Recent Research on Cement Hydration, Cembereu., P. 8.
- Guzman, Y., y Guzman, E.: Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en chimbote-2015 universidad nacional del santa; y tesis para la obtención de título profesional de ingeniero civil. En la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2717/42984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Harmsen, E. Diseño de estructuras de concreto. Lima, Perú: Fondo editorial de la pontificia Universidad Católica. 2005.
- HOLCIM. El concreto. Recuperado En: junio de 2013 Holcim México, Recuperado de: <http://www.holcim.com.mx./productos-y-servicios/concreto.html> (citado en 2013).
- Instron, R. Resistencia a la compresión. Recuperado de: <https://www.instron.com.ar/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>.
- Kosmatka, E. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. ortland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU. 1992

López, R., y Abanto, F. Tecnología Del Concreto. Editorial San Marcos. P.35. Año 2010.

Mather, S. y Ozyildirim H. Selección de materiales para el concreto. En su investigación. American Concrete Institute. UNIVERSIDAD DE MICHIGAN. 2004

Mehta, K., y Monteiro P. Concreto, Estructura, propiedades y materiales, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C., México, IMCYC, 1998.

Neville, A. Tecnología del Concreto, 1ª. Edición, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. 1999.

OSORIO, J.D. diseños de mezclas de concreto: conceptos básicos, blog 360°, Recuperado de: <<http://blog.360gradosenconcreto.com/diseño-de-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos/>>(citado en junio, 2015).

Powers, S. Efecto de la temperatura de colocación (hormigonado o puesta en obra) en el asentamiento en cono de abrams (y la trabajabilidad relativa) de dos concretos confeccionados con diferentes cementos. (1932).

REV. FAC. ING. UCV. Análisis concreto con caucho en un 5% en peso v.23 n.1, Recuperado de: <[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652008000100005](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000100005)> (citado 2008).

Rivera, R. Aplicación del modelo doyou yookasoo para el mejoramiento de plantas de tratamiento de lodos activados. En su tesis para optar el título de ingeniero civil. UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES. 2005.

Rivva, E. Naturaleza y materiales del concreto. Capítulo Peruano ACI. Primera edición. Lima, Perú. 2007.

Sánchez, H. Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto usando neumáticos triturados como reemplazo del 15%, 25% y 35% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural. En su tesis para optar el título de ingeniero. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. 2015.

Urra, P. Hormigón con caucho: Determinación del Módulo de Elasticidad. En su tesis para optar el título de ingeniero civil. UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 2006.

## VIII. ANEXOS Y APENDICE

### Panel Fotográfico



**FOTO 1:** Extracción de los materiales cantera ROLAN-HUARAZ



**FOTO 2:** Taller de reciclado de llantas Callao – Lima.



**FOTO 3:** Vaciado de probetas de concreto en el laboratorio de la San Pedro.



**FOTO 4:** Rotura del concreto en el laboratorio de la San Pedro.



**FOTO 5:** Rotura del concreto a flexión en el laboratorio.



**FOTO 6:** Golpes realizados con la varilla de acero al vaciado de concreto en vigas



**FOTO 7:** Rotura de un concreto sometido a compresión.



## ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

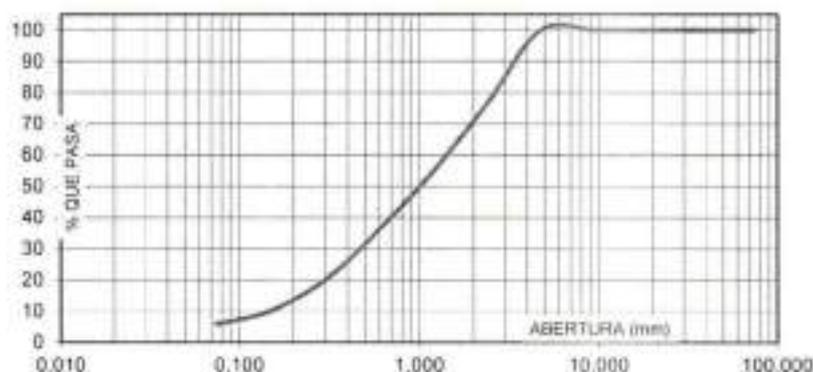
**SOLICITA :** Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk  
**TESIS :** "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**FECHA :** 21/06/2019 **CANTERA :** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1541
PESO SECO LAVADO	1450,00
PESO PERDIDO POR LAVADO	91,00

TAMIZ		PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
Nº	ABERT. (mm.)				
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 8	2,360	366,00	23,75	23,75	76,25
Nº 16	1,180	337,00	21,87	45,62	54,38
Nº 30	0,600	279,50	18,14	63,76	36,24
Nº 50	0,300	248,50	16,13	79,89	20,12
Nº 100	0,150	153,00	9,93	89,81	10,19
Nº 200	0,075	66,00	4,28	94,09	5,91
PLATO		91,00	5,91	100,00	0,00
TOTAL		1541,00	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : # 8  
 MODULO DE FINEZA : 3,0  
 HUMEDAD : 3,04%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ING. DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116044  
 JEFE



## ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

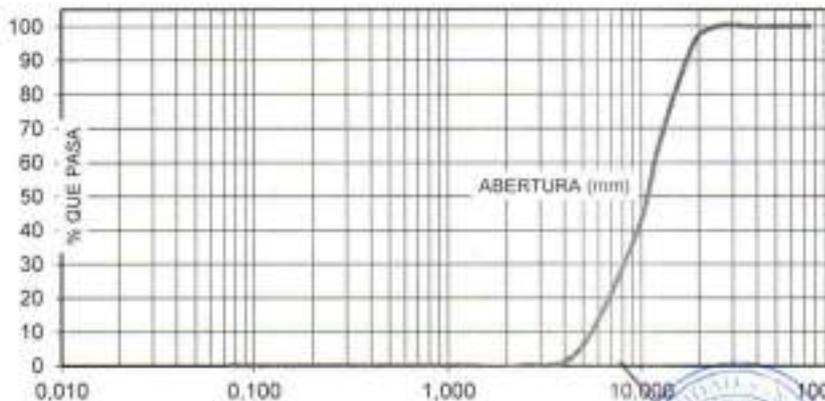
SOLICITA : **Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk**  
 TESIS : "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 21/06/2019 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	9105
PESO SECO LAVADO	9105,00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO	
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	432,00	4,74	4,74	95,26
1/2"	12,500	2653,00	29,14	33,88	66,12
3/8"	9,500	2433,00	26,72	60,60	39,40
N° 4	4,750	3172,00	34,84	95,44	4,56
N° 8	2,360	415,00	4,56	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		9105,00	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"  
 HUMEDAD : 0,77%

### CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUANCA - HUAYLA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENCIENDE DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 176644  
 ALPE



## ANALISIS GRANULOMETRICO CAUCHO

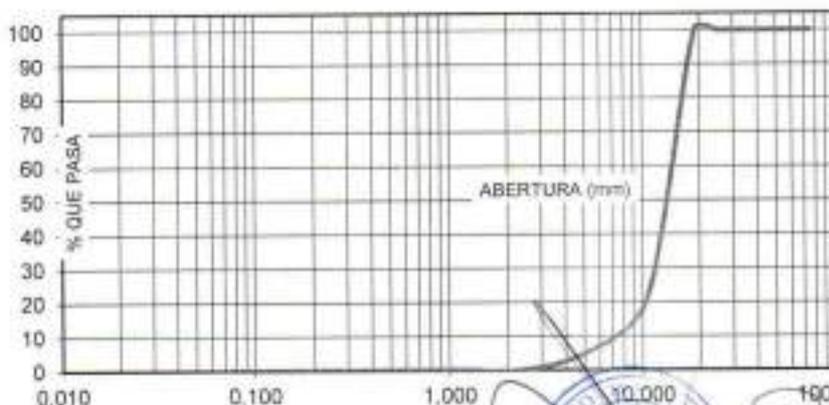
SOLICITA : **Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk**  
 TESIS : "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 21/06/2019 CANTERA : - MATERIAL : CAUCHO

PESO SECO INICIAL	831,5
PESO SECO LAVADO	831,50
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ		PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)				
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	512,30	61,61	61,61	38,39
3/8"	9,500	187,70	22,57	84,19	15,81
N° 4	4,750	96,50	11,61	95,79	4,21
N° 8	2,360	35,00	4,21	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		831,50	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1/2"

### CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PERU - HUARAZ  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CUP: 118544  
 JEFE



## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS	: "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"				
SOLICITA	: <b>Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk</b>				
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN : USP -HUARAZ			
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA 21/08/2019			
PROG (KM.)	:	ASESOR			
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA	:				
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO, REICLADO				
PROF. (m)	:				
AGREGADO GRUESO					
N° TARRO		40	42		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1125,3	916,6		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1121,1	910,7		
PESO DE AGUA	(g)	7,20	5,90		
PESO DEL TARRO	(g)	163,80	163,5		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	957,30	747,2		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0,75	0,8		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0,77			
AGREGADO FINO					
N° TARRO		47	43		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	785,1	900,3		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	769,0	876,2		
PESO DE AGUA	(g)	16,10	24,10		
PESO DEL TARRO	(g)	168,00	166,3		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	601,00	709,9		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2,68	3,4		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	3,04			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUARAZ - PERU  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ESTUDIOS DE SUELOS  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosia  
 CIP: 116944  
 JEFE



## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk

**TESIS :** "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** TACLLAN

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

**FECHA :** 21/06/2019

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	27210	27218	27220
Peso de molde	7380	7380	7380
Peso de muestra	19830	19838	19840
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1445	1445	1446
<b>Peso unitario prom.</b>	1445 Kg/m <sup>3</sup>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	28690	28680	28685
Peso de molde	7380	7380	7380
Peso de muestra	21310	21300	21305
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1553	1552	1552
<b>Peso unitario prom.</b>	1552 Kg/m <sup>3</sup>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
DE LA - 19500  
CALLE DE AGUIRRE  
UNIVERSIDAD DE SAN PEDRO DE HUACAYBAMBILLA  
CALLE DE AGUIRRE Y ESPINAR  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE



## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk  
**TESIS :** "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO FINO  
**FECHA :** 21/06/2019

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7775	7760	7770
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4355	4340	4350
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1569	1563	1567
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1566 Kg/m<sup>3</sup></b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8060	8075	8085
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4640	4655	4665
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1671	1677	1680
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1676 Kg/m<sup>3</sup></b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ - PERU  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
ING. Elizabeth Maza Ambrusia  
CIP: 119544  
JEFE

## PESOS UNITARIOS CAUCHO

**SOLICITA :** Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk  
**TESIS :** "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** -----  
**MATERIAL :** CAUCHO  
**FECHA :** 21/06/2019

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	5375	5360	5350
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	1955	1940	1930
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	704	699	695
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>699 Kg/m3</b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	5280	5290	5270
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	1860	1870	1850
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	670	674	666
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>670 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUANCAVELICA - PERU  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 FUNDACIONES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrósio  
 CIP: 119544  
 JEFE

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

**SOLICITA** : **Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk**  
**TESIS** : "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : **AGREGADO GRUESO**  
**FECHA** : 21/06/2019

**A** : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
**B** : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
**C = A - B** : Volumen de masa + volumen de vacios  
**D** : Peso de material seco en el horno  
**E = C - (A - D)** : Volumen de masa

**ABSORCION (%)** :  $((A-D)/D) \times 100$   
**ABS. PROM. (%)** :

966,1	967,8	967,3
605,7	608,5	604,9
360,4	359,3	362,4
957,6	960,5	959,4
351,9	352,0	354,5
0,89	0,76	0,82
0,82		

**P.e. Bulk (Base Seca)** = D/C  
**P.e. Bulk (Base Saturada)** = A/C  
**P.e. Aparente (Base Seca)** = D/E

### PROMEDIO

2,66	2,67	2,65
2,68	2,69	2,67
2,72	2,73	2,71

### PROMEDIO

**P.e. Bulk (Base Seca)**  
**P.e. Bulk (Base Saturada)**  
**P.e. Aparente (Base Seca)**

2,66
2,68
2,72



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUÁNUCO  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 FUNDACIONES

  
 Ing. Elixabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 118544  
 JEFE



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO**

**SOLICITA** : **Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk**  
**TESIS** : "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : **AGREGADO FINO**  
**FECHA** : **21/06/2019**

**A** : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
**B** : Peso de frasco+ agua  
**C = A + B** : Peso frasco + agua +material  
**D** : Peso de material+agua en el frasco  
**E = C - D** : Volumen de masa+volumen de vacio  
**F** : Peso Material seco en horno  
**G= E- (A - F)** : Volumen de masa

**ABSORCION (%)** :  $((A-F)/F) \times 100$

**ABS. PROM. (%)** :

**P.e. Bulk (Base Seca)** =  $F/E$   
**P.e. Bulk (Base Saturada)** =  $A/E$   
**P.e. Aparente (Base Seca)** =  $F/G$

<b>300,0</b>		
<b>663,5</b>		
<b>963,5</b>		
<b>850,1</b>		
<b>113,4</b>		
<b>296,4</b>		
<b>109,8</b>		
<b>1,21</b>		
<b>1,21</b>		

**PROMEDIO**

<b>2,61</b>		
<b>2,65</b>		
<b>2,70</b>		

**PROMEDIO**

**P.e. Bulk (Base Seca)**  
**P.e. Bulk (Base Saturada)**  
**P.e. Aparente (Base Seca)**

<b>2,61</b>
<b>2,65</b>
<b>2,70</b>



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PUNO - HUACUY  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS Y  
 MATERIALES  
 Ing. Giraldo Antunez Jimmi Grehk  
 CIP: 116544  
 JOSE

## PESO ESPECIFICO

(CAUCHO )

**SOLICITA:** Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk  
**TESIS:** "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** -----  
**MATERIAL :** CAUCHO  
**FECHA:** 27/06/2019

PESO DE MATERIAL	20,8	gramos
VOL. DESPLAZAMIENTO	18	gramos Cm3

PESO ESPECIFICO	$D= P/V = 20,8/18$
-----------------	--------------------

PESO ESPECIFICO CAUCHO	1,16
------------------------	------

**OBSERVACIONES:**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FELIAS - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE TUBOS Y  
 LOGARMO DE MATERIALES  
  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**DISEÑO DE MEZCLA**

(PATRON)

**SOLICITA** : BACH. GIRALDO ANTUNEZ JIMMI GREHK  
**TESIS** : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE CONCRETO CON 10% Y 20% DE FIBRAS DE CAUCHO RECICLADO"  
**LUGAR** : HUARAZ – PROVINCIA HUARAZ – ANCASH  
**FECHA** : 16/08/2019

**ESPECIFICACIONES**

Resistencia a la compresión a los 28 Días Será	<b>210 Kg/cm<sup>2</sup></b>
Consistencia	<b>Plástica</b>
Factor de seguridad	<b>No</b>

**MATERIALES**

<b>Cemento</b>	
Sol Tipo I	
Peso Especifico del Cemento	<b>3.15 gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Agua</b>	<b>Potable</b>
<b>Agregado Fino - Cantera: Tacllan - Huaraz</b>	
Peso específico de Masa	<b>2.65 gr/cm<sup>3</sup></b>
Absorción	<b>1.21 %</b>
Contenido de Humedad	<b>3.04 %</b>
Peso unitario suelto seco	<b>1.56 gr/cm<sup>3</sup></b>
Peso unitario compactado seco	<b>1.67 gr/cm<sup>3</sup></b>
Módulo de Fineza	<b>3.0</b>
<b>Agregado Grueso - Cantera: Tacllan - Huaraz</b>	
Tamaño máximo Nominal	<b>3/4"</b>
Peso específico de Masa	<b>2.68 gr/cm<sup>3</sup></b>
Absorción	<b>0.82 %</b>
Contenido de Humedad	<b>0.77 %</b>
Peso unitario suelto seco	<b>1.45 gr/cm<sup>3</sup></b>
Peso unitario compactado seco	<b>1.55 gr/cm<sup>3</sup></b>

**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de **3" a 4"**

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene máximo nominal de 3/4" el volumen unitario de agua es de **205 lt/m<sup>3</sup>**

**RELACIÓN A/C POR RESISTENCIA**

Para una resistencia promedio correspondiente a 210 kg/cm<sup>2</sup>, interpolando obtenemos que la relación agua-cemento por resistencia es de **0.684**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUARAZ - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 INGENIERIA DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CcP: 116544  
 JEFE



### FACTOR CEMENTO

El factor cemento se determina dividiendo el volumen de agua entre la relación agua-cemento, el factor cemento es de **299.71 Kg/m<sup>3</sup>**

### CALCULO DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Interpolando Tenemos el Contenido de Agregado Grueso **0.610**  
Entonces el Peso del A.G. es igual a 0.610 por el Peso seco compactado del A.G. = **921.12 Kg**

### CALCULO DEL PESO DEL AGREGADO FINO

Suma de volúmenes conocidos es igual a 0.6638 m<sup>3</sup>, el Volumen del Agregado Fino es  $1 - 0.6638 = 0.3362$  m<sup>3</sup>, Peso Seco del Agr. Fino es  $0.3362 \times 2620 =$  **880.73 Kg**

### VOLÚMENES ABSOLUTOS EN M<sup>3</sup>

Cemento	0.0951 m <sup>3</sup>
Agua	0.2050 m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	0.3437 m <sup>3</sup>
Agr. Fino	0.3362 m <sup>3</sup>
Aire	0.0200
<b>Total</b>	<b>1 m<sup>3</sup></b>

### PESOS SECOS

Cemento	299.71 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	205.00 Lt/m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	921.12 Kg/m <sup>3</sup>
Agr. Fino	880.73 Kg/m <sup>3</sup>

### PESOS DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	299.71 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	189.34 Kg/m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	928.21 Kg/m <sup>3</sup>
Agr. Fino	907.50 Kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIÓN EN PESO POR BOLSA DE CEMENTO

$\frac{299.71}{299.71}$	$\frac{189.34}{299.71}$	$\frac{928.21}{299.71}$	$\frac{907.50}{299.71}$
Cemento	Agua	Agr. Grueso	Agr. Fino
1	0.631	3.097	3.027

RELACIÓN a/c	Por Diseño	Por Corrección
		0.684



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PISAL - HUANAZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
ENFRIAMIENTO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrósio  
CIP: 116544  
JEFE



## DISEÑO DE MEZCLA

(10% DE CAUCHO)

**SOLICITA** : BACH. GIRALDO ANTUNEZ JIMMI GREHK  
**TESIS** : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE CONCRETO CON 10% Y 20% DE FIBRAS DE CAUCHO RECICLADO"  
**LUGAR** : HUARAZ – PROVINCIA HUARAZ – ANCASH  
**FECHA** : 16/08/2019

### ESPECIFICACIONES

Resistencia a la compresión a los 28 Días Será	210
Consistencia	Kg/cm <sup>2</sup>
Factor de seguridad	Plástica
	No

### ATERIALES

<b>Cemento</b>	
Sol Tipo I	
Peso Especifico del Cemento	3.15 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Agua</b>	Potable
<b>Agregado Fino - Cantera: Tacllan - Huaraz</b>	
Peso especifico de Masa	2.65 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.21 %
Contenido de Humedad	3.04 %
Peso unitario suelto seco	1.58 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	1.67 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	3.0
<b>Agregado Grueso + 10% de Caucho - Cantera: Tacllan - Hz</b>	
Tamaño máximo Nominal	3/4"
Peso especifico de Masa	2.53 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	0.80 %
Contenido de Humedad	0.74 %
Peso unitario suelto seco	1.37 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	1.46 gr/cm <sup>3</sup>

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene máximo nominal de 3/4" el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup>

### RELACIÓN A/C POR RESISTENCIA

Para una resistencia promedio correspondiente a 210 kg/cm<sup>2</sup> interpolando obtenemos que la relación agua-cemento por resistencia es de 0.684



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PUNTA - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
 MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 1165-44  
 JEFE



### FACTOR CEMENTO

El factor cemento se determina dividiendo el volumen de agua entre la relación agua-cemento, el factor cemento es de **299.71 Kg/m<sup>3</sup>**

### CALCULO DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Interpolando Tenemos el Contenido de Agregado Grueso **0.610**  
Entonces el Peso del A.G. es igual a 0.610 por el Peso seco compactado del A.G. = **921.12 Kg**

### CALCULO DEL PESO DEL AGREGADO FINO

Suma de volúmenes conocidos es igual a 0.6842 m<sup>3</sup>, el Volumen del Agregado Fino es  $1 - 0.6842 = 0.3158$  m<sup>3</sup>,  
Peso Seco del Agr. Fino es  $0.3158 \times 2620 = 827.34$  Kg

### VOLÚMENES ABSOLUTOS EN M3

Cemento.....	0.0951 m3
Agua.....	0.2050 m3
Agr. Grueso + 10% de Caucho.....	0.3641 m3
Agr. Fino.....	0.3158 m3
Aire.....	0.0200
<b>Total .....</b>	<b>1 m3</b>

### PESOS SECOS

Cemento.....	299.71 Kg/m3
Agua.....	205.00 Lt/m3
Agr. Grueso + 10% de Caucho.....	921.12 Kg/m3
Agr. Fino.....	827.34 Kg/m3

### PESOS DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	299.71 Kg/m3
Agua.....	190.41 Lt/m3
Agr. Grueso.....	835.13 Kg/m3
Caucho.....	92.793 Kg/m3
Agr. Fino.....	865.23 Kg/m3

### PROPORCIÓN EN PESO POR BOLSA DE CEMENTO

$\frac{299.71}{299.71}$	$\frac{179.41}{299.71}$	$\frac{835.13}{299.71}$	$\frac{92.793}{299.71}$	$\frac{865.23}{299.71}$
Cemento	Agua	Agr. Grueso	Caucho	Agr. Fino
1	0.598	2.786	0.309	2.886

RELACIÓN a/c	Por Diseño	Por Corrección
		0.684



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PELAI - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INSTITUTO DE SALUD Y  
CIENCIAS DE LOS MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE



## DISEÑO DE MEZCLA

(20% DE CAUCHO)

**SOLICITA** : BACH. GIRALDO ANTUNEZ JIMMI GREHK  
**TESIS** : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE CONCRETO CON 10% Y 20% DE FIBRAS DE CAUCHO RECICLADO"  
**LUGAR** : HUARAZ – PROVINCIA HUARAZ – ANCASH  
**FECHA** : 16/09/2019

### ESPECIFICACIONES

Resistencia a la compresión a los 28 Días Será	210 Kg/cm <sup>2</sup>
Consistencia	Plástica
Factor de seguridad	No

### ATERIALES

<b>Cemento</b>	
Sol Tipo I	
Peso Especifico del Cemento	3.15 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Agua</b>	Potable
<b>Agregado Fino - Cantera: Tacllan - Huaraz</b>	
Peso específico de Masa	2.65 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.21 %
Contenido de Humedad	3.04 %
Peso unitario suelto seco	1.56 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	1.67 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	3.0
<b>Agregado Grueso + 20% de Caucho-Cantera: Tacllan - Hz</b>	
Tamaño máximo Nominal	3/4"
Peso específico de Masa	2.38 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	0.78 %
Contenido de Humedad	0.71 %
Peso unitario suelto seco	1.30 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	1.37 gr/cm <sup>3</sup>

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene máximo nominal de 3/4" el volumen unitario de agua es de 205 l/m<sup>3</sup>

### RELACIÓN A/C POR RESISTENCIA

Para una resistencia promedio correspondiente a 210 kg/cm<sup>2</sup>, interpolando obtenemos que la relación agua-cemento por resistencia es de 0.684



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PISAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
 MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 118544  
 JEFE



## FACTOR CEMENTO

El factor cemento se determina dividiendo el volumen de agua entre la relación agua-cemento, el factor cemento es de **299.71 Kg/m<sup>3</sup>**

## CALCULO DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Interpolando Tenemos el Contenido de Agregado Grueso **0.610**  
Entonces el Peso del A.G. es igual a 0.610 por el Peso seco compactado del A.G. = **921.12 Kg**

## CALCULO DEL PESO DEL AGREGADO FINO

Suma de volúmenes conocidos es igual a 0.7072 m<sup>3</sup>, el Volumen del Agregado Fino es  $1 - 0.7072 = 0.2928$  m<sup>3</sup>,  
Peso Seco del Agr. Fino es  $0.2928 \times 2620 =$  **767.22 Kg**

## VOLÚMENES ABSOLUTOS EN M3

Cemento	0.0951 m <sup>3</sup>
Agua	0.2050 m <sup>3</sup>
Agr. Grueso + 20% de Caucho	0.3870 m <sup>3</sup>
Agr. Fino	0.2928 m <sup>3</sup>
Aire	0.0200
<b>Total</b>	<b>1 m<sup>3</sup></b>

## PESOS SECOS

Cemento	299.71 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	205.00 Lt/m <sup>3</sup>
Agr. Grueso + 20% de Caucho	921.12 Kg/m <sup>3</sup>
Agr. Fino	767.22 Kg/m <sup>3</sup>

## PESOS DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	299.71 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	191.60 Lt/m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	834.89 Kg/m <sup>3</sup>
Caucho	92.766 Kg/m <sup>3</sup>
Agr. Fino	790.54 Kg/m <sup>3</sup>

## PROPORCIÓN EN PESO POR BOLSA DE CEMENTO

$\frac{299.71}{299.71}$	$\frac{191.60}{299.71}$	$\frac{834.89}{299.71}$	$\frac{92.766}{299.71}$	$\frac{790.54}{299.71}$
Cemento	Agua	Agr. Grueso	Caucho	Agr. Fino
1	0.639	2.785	0.309	2.637

RELACIÓN a/c	Por Diseño	Por Corrección
		0.684



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PIUAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LICENCIATURA DE INGENIERIA DE MAQUINAS Y  
MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk

TESIS : "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"

FECHA: 21/06/2019

FC: 210 kg/cm<sup>2</sup>

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP ["]	FECHA		EDAD DIAS	DIAMETRO CM	AREA CM <sup>2</sup>	FC	
			MOLDEO	ROTURA				Kg/cm <sup>2</sup>	[%]
1	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	13/05/2019	7	15,2	181,46	158,1	75,3
2	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	13/05/2019	7	15,1	179,08	156,3	74,4
3	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	13/05/2019	7	15	176,72	163,9	78,1
4	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	20/05/2019	14	15,2	181,46	187,0	89,0
5	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	20/05/2019	14	15,1	179,08	192,9	91,9
6	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	20/05/2019	14	15	176,72	196,6	93,6
7	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	03/06/2019	28	15,2	181,46	207,9	99,0
8	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	03/06/2019	28	15	176,72	215,1	102,5
9	CONCRETO PATRON	3	06/05/2019	03/06/2019	28	15,2	181,46	214,2	102,0

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PERU - ILLIMANI  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE SUELOS Y  
ESTRUCTURAS  
Ing. Elizabeth Maya Ambrosio  
CIP: 110544  
1996



## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk

TESIS : "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"

FECHA: 21/06/2019

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

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	DIAMETRO CM	AREA CM <sup>2</sup>	FC Kg/cm <sup>2</sup>	FC/F'c (%)
			MOLDEO	ROTURA					
1	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	13/05/2019	7	15,2	181,46	162,5	77,4
2	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	13/05/2019	7	15	176,72	159,7	76,1
3	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	13/05/2019	7	15,1	179,08	158,0	75,3
4	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	20/05/2019	14	15	176,72	194,2	92,5
5	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	20/05/2019	14	15,1	179,08	192,5	91,7
6	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	20/05/2019	14	15	176,72	192,3	91,6
7	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	03/06/2019	28	15,1	179,08	212,8	101,3
8	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	03/06/2019	28	15,2	181,46	209,4	99,7
9	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	3	06/05/2019	03/06/2019	28	15,1	179,08	217,7	103,7

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PUNO - PERU  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 FUNDACIONES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE



## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Bach. Giraldo Antunez Jimmi Grehk

TESIS : "Resistencia a Compresion y Flexion de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado"

FECHA: 21/06/2019

FC : 210 kg/cm<sup>2</sup>

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	DIAMETRO CM	AREA CM <sup>2</sup>	FC Kg/cm <sup>2</sup>	FC/F'C (%)
			MOLDEO	ROTURA					
1	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15,1	179,08	137,3	65,4
2	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15,1	179,08	137,6	65,5
3	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15	176,72	142,3	67,8
4	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15,1	179,08	167,5	79,7
5	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15	176,72	163,8	78,0
6	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15,2	181,46	159,2	75,8
7	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15,1	179,08	179,9	85,6
8	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15	176,72	187,3	89,2
9	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15,2	181,46	182,9	87,1

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PRINCIPAL - HUANAZO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
LUBRICACION INDUSTRIAL

Ing. Elicsabet Maza Ambrosio  
CIP: 119544  
JEFE



# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistematizada

RUC: 20407968272



**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS  
SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO  
MTC E 711 - NTP.339.079:2012**

<b>SOLICITA</b>	: Bach. GIRALDO ANTUNEZ JIMMI GREHK
<b>PROYECTO</b>	: RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE CONCRETO CON 10% Y 20% DE FIBRAS DE CAUCHO RECICLADO
<b>CANTERA</b>	: CANTERA ROLAN (RIO SANTA) - TACLLAN - HUARAZ - ANCASH
<b>FECHA</b>	: 05/06/2019

N°	Descripción	f'c Diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA		Edad Días	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud de tramo (mm)	Carga máxima de rotura (N)	Mr (MPa)
			Moldeo	Rotura						
01	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	13/05/2019	7	161,00	151,00	450,00	19521,00	3,36
02	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	13/05/2019	7	155,00	154,00	450,00	25015,50	4,39
03	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	13/05/2019	7	153,00	154,00	450,00	24328,80	4,53
04	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	20/05/2019	14	153,00	155,00	450,00	29996,50	4,77
05	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	20/05/2019	14	152,00	154,00	450,00	28350,90	5,31
06	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	20/05/2019	14	155,00	155,00	450,00	29528,10	5,35
07	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	03/06/2019	28	155,00	160,00	450,00	34138,80	5,81
08	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	03/06/2019	28	155,00	155,00	450,00	35217,90	6,38
09	CONCRETO PATRÓN	210	06/05/2019	03/06/2019	28	155,00	155,00	450,00	35316,00	6,40

D&J S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAJO DE MATERIALES Y PAVIMENTOS

*David Azuaga Domínguez*  
GERENTE

*Luis Alberto Ita Robles*  
LUIS ALBERTO ITA ROBLES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 19331



# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistematizada

RUC: 20407968272



## DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO MTC E 711 - NTP.339.079:2012

<b>SOLICITA</b>	: Bach. GIRALDO ANTUNEZ JIMMI GREHK
<b>PROYECTO</b>	: RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE CONCRETO CON 10% Y 20% DE FIBRAS DE CAUCHO RECICLADO
<b>CANTERA</b>	: CANTERA ROLAN (RIO SANTA) - TACLLAN - HUARAZ - ANCASH
<b>FECHA</b>	: 05/06/2019

N°	Descripción	f <sub>c</sub> Diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA		Edad Días	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud de tramo (mm)	Carga máxima de rotura (N)	Mr (MPa)
			Moldeo	Rotura						
01	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	13/05/2019	7	153,00	154,30	450,00	27369,90	5,07
02	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	13/05/2019	7	155,00	155,30	450,00	26585,10	4,80
03	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	13/05/2019	7	151,00	156,00	450,00	27958,50	5,14
04	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	20/05/2019	14	156,00	152,00	450,00	29331,90	5,49
05	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	20/05/2019	14	154,36	159,33	450,00	30411,00	5,24
06	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	20/05/2019	14	152,60	153,20	450,00	31392,00	5,92
07	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	03/06/2019	28	155,00	159,30	450,00	30312,90	5,20
08	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	03/06/2019	28	153,00	152,00	450,00	35217,90	6,72
09	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO	210	06/05/2019	03/06/2019	28	152,00	154,00	450,00	35806,50	6,70

D&J S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENLAVE DE MATERIALES Y PAVIMENTOS

David Azúa Domínguez  
GERENTE

LUIS ALBERTO TA ROBLES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 38331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú

(043) 423374 959578024 / 943 848823

E-mail: suelosmec@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com



# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistematizada

RUC: 20407968272



**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS  
SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO  
MTC E 711 - NTP.339.079:2012**

<b>SOLICITA</b>	: Bach. GIRALDO ANTUNEZ JIMMI GREHK
<b>PROYECTO</b>	: RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE CONCRETO CON 10% Y 20% DE FIBRAS DE CAUCHO RECICLADO
<b>CANTERA</b>	: CANTERA ROLAN (RIO SANTA) - TACLLAN - HUARAZ - ANCASH
<b>FECHA</b>	: 05/06/2019

N°	Descripción	F <sub>c</sub> Diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA		Edad Días	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud de tramo (mm)	Carga máxima de rotura (N)	Mr (MPa)
			Moldeo	Rotura						
01	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	13/05/2019	7	152.30	154.00	450.00	21100.50	3.94
02	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	13/05/2019	7	151.00	155.00	450.00	22525.00	4.19
03	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	13/05/2019	7	153.00	153.00	450.00	21369.90	4.03
04	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	20/05/2019	14	156.00	151.00	450.00	23252.80	4.41
05	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	20/05/2019	14	155.00	151.00	450.00	22449.00	4.29
06	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	20/05/2019	14	155.30	154.40	450.00	24392.00	4.45
07	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	03/06/2019	28	154.00	153.00	450.00	30452.10	5.70
08	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	03/06/2019	28	155.00	153.30	450.00	31278.00	5.80
09	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO	210	06/05/2019	03/06/2019	28	154.00	153.00	450.00	32105.10	6.01

D & J S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE MATERIALES Y PAVIMENTOS

*David Azana Dominguez*  
GERENTE

*[Signature]*  
LUIS ALBERTO DA ROBLES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 19331



**Informe N°046-LAQ/2019**

**Análisis de fibra de caucho por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de fibra de caucho a pedido del Sr. **Giraldo Antúnez, Jimmi Grehk**, egresado de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia a Compresión y Flexión de Concreto con 10% y 20% de Fibras de Caucho Reciclado.”**

La muestra está en forma de trozos con superficies aproximadamente planas de color negro.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 5  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, irradiando una cara plana de un trozo de caucho, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 5420 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Na (Z=11) y Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

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



consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

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

### **Resultados.**

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

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los elementos identificados por esta técnica.



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

La suma de la concentración de estos elementos es de 9,73%, lo cual significa que el resto de material, es decir el 90,27%, está constituido de elementos más livianos que Al, entre los cuales deben predominar el carbono y el oxígeno. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por técnicas complementarias.

Tabla 1. Composición elemental de fibra de caucho en % de masa.

Elemento	Concentración % masa
Al	1.534
Si	4.307
S	1.101
Cl	0.067
K	0.085
Ca	0.112
Ti	0.002
Fe	0.031
Co	0.002
Ni	0.019
Cu	0.116
Zn	2.339
As	0.004
Sr	0.002
Y	0.002
Zr	0.003
Sub Total	9.726
Otros	90.276
Total	100.00

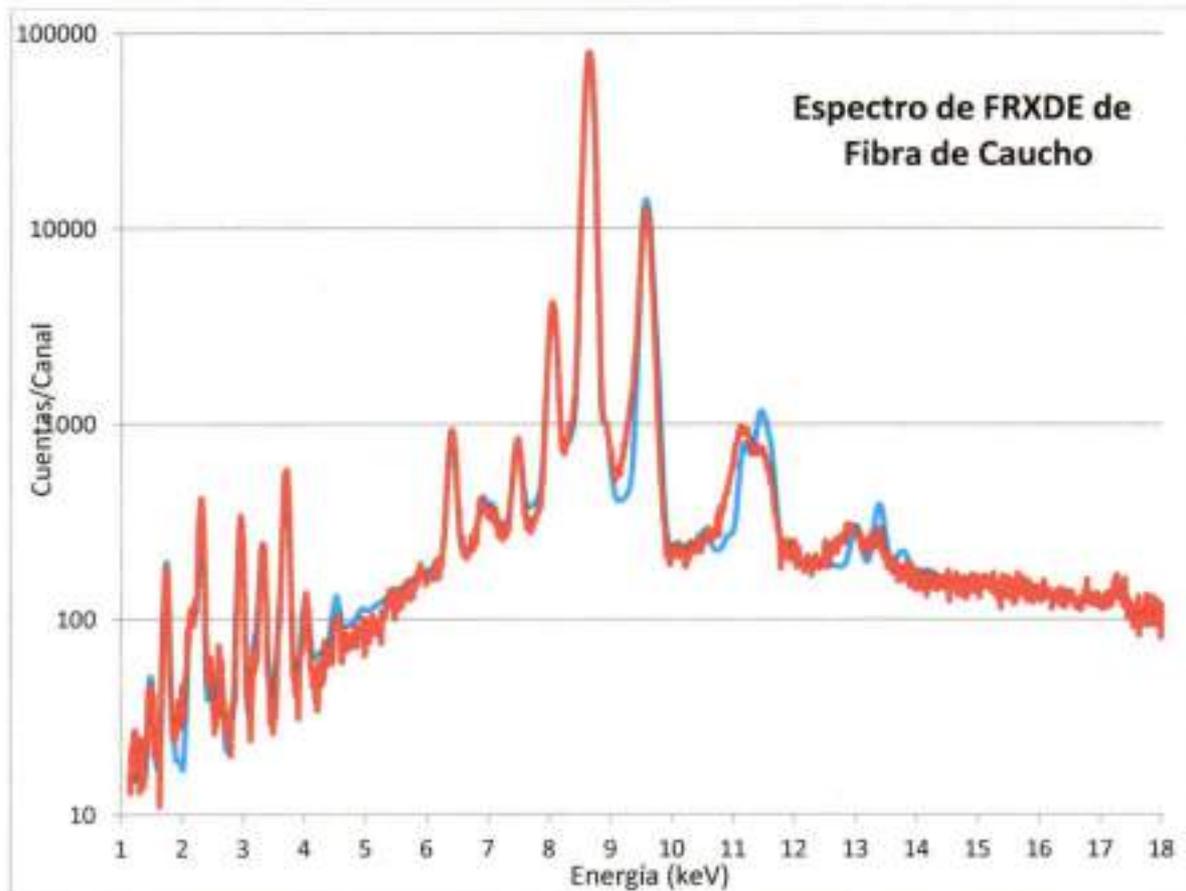


Figura 1. Espectro de FRXDE de fibra de caucho en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 28 de mayo del 2019

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**CFM-006-2019**

Pág. 1 de 3

<b>OBJETO DE PRUEBA:</b>	<b>MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS</b>		
<i>Rangos</i>	100 000	kgf	
<i>Dirección de carga</i>	Ascendente		
<b>FABRICANTE</b>	METROTEST		
<i>Modelo</i>	MC-165		
<i>Serie</i>	163		
<i>Transductor (Modelo/Serie)</i>	NO INDICA		
<i>Ubicación</i>	Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.		
<i>Código Identificación</i>	NO INDICA		
<i>Norma utilizada</i>	ASTM E4; ISO 7500-1		
<i>Intervalo calibrado</i>	Escala (s)	100 000 kgf	
	De 10 000 a 100 000 kgf	1% A 50%	
<i>Temperatura de prueba °C</i>	Inicial	22,2	Final 22,4
<i>Inspección general</i>	La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento		
<i>Solicitante</i>	JR GEOINGENIERIA S.A.C		
<i>Dirección</i>	CAL.RECUAY NRO. 470 URB. CENTENARIO ANCASH - HUARAZ - INDEPENDENCIA		
<i>Ciudad</i>	ANCASH		
<b>PATRON(ES) UTILIZADO(S)</b>	Tipo / Modelo	BOTELLA	
	Código	MF-02	
	Certif. de calibr.	INF-LE-283-17 B/C PUCP	
<i>Unidades de medida</i>	Sistema Internacional de Unidades (SI)		
<b>FECHA DE CALIBRACION</b>	2019/01/14		
<b>FECHA DE EMISION</b>	2019/01/14		
<b>FIRMAS AUTORIZADAS</b>			

Jefe de Metrología  
**Luigi Asenjo G.**




**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**CFM-006-2019**

Pág. 3 de 3

**CLASIFICACIÓN DE MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS**  
Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA	100 000	kgf			
Error de exactitud	0,64	%	Error de cero	0	
Error de repetibilidad	0,52	%	Error por accesorio	0	%
Error de Reversibilidad	No aplica		Resolución	0,02	En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

**ESCALA 100 000 kgf Ascendente**

**TRAZABILIDAD**

METROTEST EIRL, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI.

**OBSERVACIONES .**

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

**FIRMAS AUTORIZADAS**



*Jefe de Metrología*  
**Luigi Asenjo G.**

Método de calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE

**DATOS DE CALIBRACIÓN**

ESCALA: 981 kN Resolución: 0,05 kN Dirección de la carga: Ascendente  
100 000 kgf 0,005 kgf Factor de conversión: 0,00 98 kN/kgf

Indicación de la máquina (F)			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				
			0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
%	kN	kgf	kN	kN	kN	kN	kN
10	100,00	10 197	99,10	99,50	No aplica	99,50	No aplica
20	200,00	20 394	199,50	199,00	No aplica	198,80	No aplica
30	300,00	30 591	299,00	298,50	No aplica	298,20	No aplica
40	400,00	40 789	398,60	397,00	No aplica	398,50	No aplica
50	500,00	50 986	498,60	498,70	No aplica	497,60	No aplica
60	600,00	61 183	598,70	598,70	No aplica	595,60	No aplica
70	700,00	71 380	698,60	695,70	No aplica	696,30	No aplica
80	800,00	81 577	799,60	795,60	No aplica	796,60	No aplica
Indicación después de carga			0,00	0,00	0,00	0,00	No aplica

ESCALA: 980,67 kN Incertidumbre del patrón: 0,086 %

Indicación de la máquina (F)			Cálculo de errores relativos				Resolución
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
%	kN	kgf	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	100,00	10 197	0,64	0,40	No aplica	No aplica	0,05
20	200,00	20 394	0,45	0,35	No aplica	No aplica	0,02
30	300,00	30 591	0,48	0,27	No aplica	No aplica	0,02
40	400,00	40 789	0,49	0,40	No aplica	No aplica	0,01
50	500,00	50 986	0,27	0,40	No aplica	No aplica	0,01
60	600,00	61 183	0,50	0,52	No aplica	No aplica	0,01
70	700,00	71 380	0,45	0,42	No aplica	No aplica	0,01
80	800,00	81 577	0,34	0,50	No aplica	No aplica	0,01
Error de cero fo (%)			0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx.(0) = 0,00

**FIRMAS AUTORIZADAS**

Jefe de Metrología  
Luiggi Aserjo G.

