

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO Y CONTENIDO DE CAUCHO RECICLADO SOBRE LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UN CONCRETO ESTRUCTURAL A BASE DE CEMENTO PORTLAND TIPO I”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autores:

Edward Andy Marín Melo

Asesor:

Ing. WISTON AZAÑEDO MEDINA

Trujillo - Perú

2019

DEDICATORIA

A DIOS todopoderoso quien guía mi vida y su amor infinito e incondicional es mi fortaleza cada día y en cada momento.

A mis queridos padres Jacob Y Luz quienes están a mi lado apoyándome e incentivándome siempre a seguir mis sueños.

A mis hermanos Luis Y Rocío porque desde un inicio siempre creyó en mí.

A mi esposa Tannia a quien amo profundamente quien es mi amiga, mi compañera, el amor de mi vida y me apoya constantemente en cada paso que doy.

En especial a mis hijos Luz Antonella y Jhader Andy quienes son mi fortaleza para seguir adelante y la razón de mi vida.

Gracias a todos por ayudarme a dar este gran paso.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente en primer lugar a Dios quien ha sabido guiarnos por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante los problemas que se me presentaba, por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido soporte durante todo el periodo de estudio.

A mis maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario con conocimientos y amistad, impulsando el desarrollo de nuestra formación profesional.

A mis amigos, que nos apoyaron mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos. Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de nuestra vida. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y en el corazón.

¡Gracias!

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	17
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	27
REFERENCIAS.....	29
ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de las variables de estudio.....	11
Tabla 2 Diseño de prueba de Concreto Patrón.....	17
Tabla 3 Volumen de Sustitución del agregado fino por el 10% de adición de partículas de caucho reciclado.....	17
Tabla 4 Volumen de Sustitución del agregado fino por el 15% de adición de partículas de caucho reciclado.....	17
Tabla 5 Volumen de Sustitución del agregado fino por el 20% de adición de partículas de caucho reciclado.....	18
Tabla 6 Diseño de prueba concreto patrón.....	18
Tabla 7 Diseño de prueba con 10% de adición de partículas de caucho reciclado...	18
Tabla 8 Diseño de prueba con 15% de adición de caucho reciclado.....	19
Tabla 9 Diseño de prueba con 20% de adición de caucho reciclado.....	19
Tabla 10 Diseño final de Concreto Patrón.....	19
Tabla 11 Diseño final de Concreto con sustitución del 10% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.....	20
Tabla 12 Diseño final de Concreto con sustitución del 15% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.....	20
Tabla 13 Diseño final de Concreto con sustitución del 20% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.....	20
Tabla 14 Valores de peso unitario para concreto fresco.....	21
Tabla 15 Variación del peso unitario en % respecto al concreto patrón.....	21
Tabla 16 Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 días.....	23
Tabla 17 Variación de la resistencia en % respecto al concreto patrón.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Bloques del Procedimiento Experimental.....	16
Figura 2 Peso unitario del concreto fresco para diferentes porcentajes de sustitución del A. fino con Partículas de caucho reciclado.....	22
Figura 3 Resistencia promedio a la compresión a los 7 días.....	24
Figura 4 Resistencia promedio a la compresión a los 14 días.....	24
Figura 5 Resistencia promedio a la compresión a los 28 días.....	25
Figura 6 Resumen de Resistencia promedio a la compresión a los 7, 14 y 28 días...	25
Figura 7 Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto en función de tiempo.....	26

RESUMEN

Se estudió la influencia de la relación agua - cemento y contenido de caucho reciclado sobre la trabajabilidad y resistencia a la compresión en un concreto estructural a base de cemento portland tipo I. Se utilizó un concreto estructural (Cemento Pórtland Tipo I + Agregados + Agua + caucho reciclado) en estado fresco de aproximadamente 208 Kg o por 88 litros de mezcla de concreto para el ensayo de trabajabilidad según norma NTP 339.035 y ASTM C-143 y 60 probetas de concreto de dimensiones 15x30 cm a diferentes relaciones agua - cemento (0.45; 0.50; 0.60) y diferentes dosificaciones de caucho reciclado (0%, 5%, 10%, 20% y 40%) a un tiempo de curado de 28 días para el ensayo de resistencia a la compresión según norma NTP 339.034 y ASTM C – 39; con estos datos se realizó un diseño experimental factorial con 2 variables independientes con 5 niveles de estudio.

Se realizó el procedimiento experimental desde la selección de materiales, diseño de mezcla, ensayo a los materiales, ensayo de consistencia, elaboración de probetas, curado de probetas, ensayo de compresión y toma de datos para determinar la influencia del porcentaje de caucho reciclado en las distintas relaciones agua – cemento y determinar así el mejor resultado obtenido.

PALABRAS CLAVES: Caucho Reciclado, Diseño de Mezclas, Ensayo de Trabajabilidad, Ensayo de Resistencia a la Compresión.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años mientras un porcentaje de los neumáticos (llantas) de vehículos ha sido reprocesado y utilizado, otro tanto ha sido acumulado en lugares especiales o simplemente arrojado en zonas públicas, lo que ha venido causando un problema grave al medio ambiente y la salud pública (DAMA, 2006).

Los desechos de caucho han recibido gran atención en los últimos años debido al gran volumen que se genera y a su dificultad para eliminarlos y/o reutilizarlos. Solamente en España durante esta década se están generando cada año 250.000 toneladas de neumáticos usados, de los cuales 45% se deposita en los rellenos sanitarios sin ningún tipo de tratamiento, el 15% se deposita después de ser triturado y el 40% no está controlado. Existen diversas vías para que el caucho recuperado sea útil (Hernandez-Olivares et al. 2002; Segre y Joekes, 2000; Segre y Monteiro, 2002; Chung y Hong, 1999; Guneyisi et al. 2004). Sin embargo, para que armonicen con el ambiente, los desechos de caucho deben ser convertidos a una forma óptima para su mejor utilización. El método más utilizado es el de colocarlos en los rellenos sanitarios. La pirolisis puede ser otra opción. También, el caucho desechado puede servir como fuente energética, ya que el método de incineración tiene un alto valor calorífico. A pesar de estas alternativas, el reciclaje aparece como la mejor solución para la disposición del caucho de desecho, debido a sus ventajas económicas y ecológicas. (1)

En la actualidad el Instituto de Acústica del CSIC ha desarrollado un proyecto para la utilización de estos materiales en el aislamiento acústico. El interés en la utilización de un material como el caucho procedente de los neumáticos de desecho para material absorbente acústico se centra en que requiere, en principio, solo tratamientos mecánicos de mecanizado y molienda. Estos tratamientos conducen a un producto de granulometría y dosificación acorde con las características de absorción acústica de gran efectividad. (2)

Por otra parte, la concepción de productos en base a concreto, también está incrementando debido al alto crecimiento del sector de la construcción en los últimos años. A pesar de que el concreto es uno de los elementos más extraordinario y versátil en la construcción, existe la necesidad de modificar sus propiedades tales como resistencia, dureza, ductilidad y durabilidad (Topcu y Avcular, 1997; Albano et al. 2005). La inclusión de caucho en el concreto resulta en mayor resistencia y trabajabilidad, lo cual da lugar a su

utilización en importantes áreas: como absorbedor de impacto en construcción de elementos viales y de sonido en barreras sónicas, y también en edificaciones sismo resistentes, etc.. (3)

La sustitución de cemento por materiales reciclados ayuda a conservar los recursos naturales y puede evitar el daño medioambiental causado por la explotación de canteras, contribuyendo en cierta medida, a resolver el problema de la gestión final de dichos residuos. Puesto que el cemento es el componente del hormigón que más energía consume en su fabricación, una típica sustitución por materiales residuales que oscila entre 20 al 60% en masa puede resultar un substancial ahorro energético, partiendo de que dichos materiales requieren poca o nula inversión de energía.

La producción anual de cemento Pórtland es superior a los 1000 millones de toneladas mientras que la generación de residuos susceptibles de ser aprovechados como adiciones de cemento (escorias, ceniza volante, humo de sílice, ceniza de cáscara de arroz, etc.) es más del doble de esta cantidad. El uso de residuos, no sólo es una solución parcial al impacto medioambiental, sino que además puede mejorar significativamente las propiedades de durabilidad del hormigón, lo que sería difícil lograr con el puro uso de cemento Pórtland, por lo que el objetivo, no es sólo fabricar hormigón más barato, sino proveer un conglomerante con propiedades específicas para un determinado propósito, lo cual requiere un mejor entendimiento de la química y ciencia de dichos materiales. (4)

En Perú las adiciones puzolánicas se incorporan desde hace más de una década; en la década pasada significaron aproximadamente algo más del 20% de los despachos de cemento

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

De acuerdo al fin que persigue : Aplicada.

De acuerdo al diseño de Investigación : Experimental.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Estará constituido por un Concreto (Cemento Pórtland Tipo I + Agregados + Agua).

2.2.2. Muestra

La muestra será elegida por juicio o conveniencia, se tomará como muestra 72 especímenes de concreto diseñado los cuales serán sometidos a ensayos compresión axial.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Se realizó probetas de concreto reemplazando en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% de agregado fino por caucho reciclado y se aplicó 3 dosis para evaluar la resistencia mecánica a la compresión en estado endurecido a los 7, 14 y 28 días. Se hicieron 6 repeticiones por cada tratamiento.

Tabla 1

Niveles de las Variables de Estudio

RESULTADOS		FACTORES DE ANÁLISIS			
		C Patrón	CA CON CAUCHO RECICLADO		
Dosificación		Sin adición 0%	10% en peso del agregado fino	15% en peso del agregado fino	20% en peso del agregado fino
Resistencia a la	7 días	CP-1	C10%-1	C15%-1	C20%-1
		CP-2	C10%-2	C15%-2	C20%-2
		CP-3	C10%-3	C15%-3	C20%-3
		CP-4	C10%-4	C15%-4	C20%-4
		CP-5	C10%-5	C15%-5	C20%-5
		CP-6	C10%-6	C15%-6	C20%-6
	14 días	CP-7	C10%-7	C15%-7	C20%-7
		CP-8	C10%-8	C15%-8	C20%-8
		CP-9	C10%-9	C15%-9	C20%-9
		CP-10	C10%-10	C15%-10	C20%-10
		CP-11	C10%-11	C15%-11	C20%-11
		CP-12	C10%-12	C15%-12	C20%-12
	28 días	CP-13	C10%-13	C15%-13	C20%-13
		CP-14	C10%-14	C15%-14	C20%-14
		CP-15	C10%-15	C15%-15	C20%-15
		CP-16	C10%-16	C15%-16	C20%-16
		CP-17	C10%-17	C15%-17	C20%-17
		CP-18	C10%-18	C15%-18	C20%-18

El número total de pruebas realizadas en estado endurecido es igual a: Variable independiente (resistencia a la compresión) X Numero de tratamientos de estudio X Numero de réplicas=4 x 3 x 6 = 72 ensayos de resistencia mecánica del concreto adicionado con partículas de caucho reciclado.

2.4. Procedimiento

2.4.1 Toma de Muestras

En esta investigación, para cada ensayo, de cada tipo de agregado (agregado grueso, agregado fino (caucho reciclado y natural)) las muestras representativas han sido tomadas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339; para la determinación de cada propiedad se precisaba cierta cantidad tanto de agregado fino y grueso. Para el agregado grueso, en ambos casos, las porciones en cada ensayo han sido las mismas; ya que el agregado grueso reciclado también requería ser analizado de la misma manera.

2.4.2 Materiales.

- Agregado fino de cantera del milagro
- Agregado grueso de ½” de cantera del milagro
- Caucho reciclado
- Agua potable de las instalaciones de la UPN.
- Cemento Portland Tipo I.

2.4.3 Equipos Utilizados en la Investigación.

- Estufa para secar las muestras de agregado.
- Balanza para medir el peso de los agregados y cemento.
- Prensa hidráulica para aplicar carga a compresión axial a los especímenes.
- Cronometro para medir el tiempo de duración del ensayo a compresión desde el inicio de aplicación de carga hasta la rotura.
- Vernier para medir las dimensiones de los especímenes antes del ensayo a compresión.
- Cono de Abrams, plancha metálica y varilla, para medir el Slump o Asentamiento del concreto.
- Máquina de los Ángeles para medir el porcentaje desgaste del agregado grueso.
- Equipo (probeta, varilla), para determinar el peso unitario de los agregados y del concreto.
- Mezcladora de concreto.
- Juego de Tamices para granulometría de agregados fino y grueso.
- Probeta de vidrio graduada para medir agua en cantidades pequeñas.

- Molde cónico para determinar si el agregado fino si alcanzo el estado superficialmente seco.
- Fiola de 500 cm³ graduada para medir el peso específico del agregado fino.

2.4.4 Herramientas Utilizadas en la Investigación.

- Regla metálica graduada para medir el asentamiento (slump) del concreto.
- Marcador de concreto para codificar los especímenes.
- Badilejo grande y pequeño para re mezclar el concreto en la bandeja.
- Bandeja para llevar el concreto.
- Carretilla para trasladar los especímenes desde la poza de curado hasta la maquina compresión.
- Alicata.
- Martillo de goma para golpear las paredes laterales exteriores del molde de especímenes durante el vaciado de concreto.
- Palana para llenar los recipientes con agregado para su posterior pesado.
- Balde para trasladar los agregados hacia el trompo.
- Cucharon para llenar los moldes de los especímenes.

Pesaje de los Materiales:

Pesamos todos los materiales conforme nuestro diseño de mezcla.

Porcentajes de absorción y humedad:

Con el agregado grueso, fino y caucho reciclado; de nuestros materiales calculamos sus respectivos porcentajes de absorción y humedad para luego balancear y recalcular cuánta agua va en el diseño de la mezcla.

Mezcla de los materiales y dosificación de caucho reciclado:

Teniendo los pesos respectivos que van a estar presentes en el diseño y el agua total procedemos a mezclar los materiales para obtener el concreto simple a las diferentes relaciones agua – cemento; teniendo esto procedemos a incorporar las diferentes dosificaciones de caucho reciclado para así poder realizar los respectivos ensayos.

Ensayo de Consistencia:

En el estado fresco realizamos el ensayo de consistencia del concreto; que se define como el grado de humedad de la mezcla haciéndolo mucho más trabajable o no; este ensayo nos permite determinar la trabajabilidad del concreto por el método del cono de Abrams mediante las normas NTP 339.035 y ASTM C-143.

Fabricación de las distintas probetas:

Se fabricarán probetas para la resistencia a la compresión se elaboran probetas cilíndricas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura según norma ASTM C – 39; una vez colocada en sus respectivos moldes, se deja fraguar hasta que llegue al endurecimiento.

Curado de las probetas:

Después de desmoldar las probetas se lleva a la etapa del curado de las probetas según la norma ASTM C – 31, la cual se realiza en una poza llena de agua saturada con cal; para así contribuir a la hidratación de las probetas. En este estudio el tiempo de curado fue de 28 días.

Ensayos realizados en el estado endurecido:

Después del curado se procede a realizar el ensayo de la resistencia a la compresión la cual sigue la norma NTP 339.034 y ASTM C – 39.

Toma de datos:

Se procede a la toma de datos para su respectivo análisis e interpretación de resultados para así llegar a las conclusiones finales.

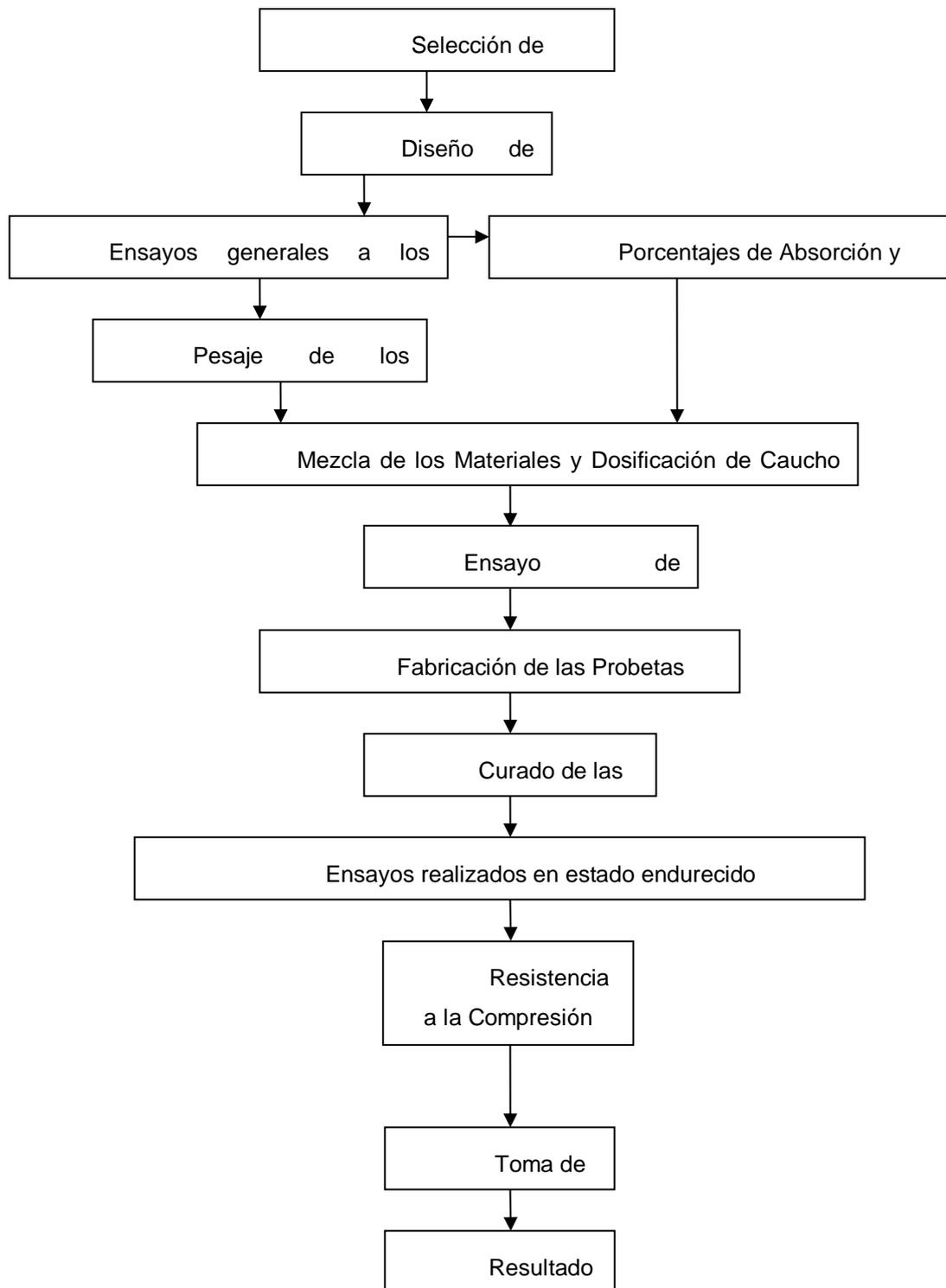


Figura 1: Diagrama de Bloques del Procedimiento Experimental

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Resultados del Diseño de Mezcla

Tabla 2

Diseño de prueba de Concreto Patrón

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.15 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	790.50 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Aire (%)	2

VOLUMEN DE SUSTITUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO RESPECTO AL AGREGADO FINO PARA MEZCLAS EXPERIMENTALES

Tabla 3

Volumen de Sustitución del agregado fino por el 10% de adición de partículas de caucho reciclado

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.00 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	711.00 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	27.00 kg/m ³
Aire	2.00

Tabla 4

Volumen de Sustitución del agregado fino por el 15% de adición de partículas de caucho reciclado

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.00 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	672.00 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	41.00 kg/m ³
Aire	2.00

Tabla 5

Volumen de Sustitución del agregado fino por el 20% de adición de partículas de caucho reciclado

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.00 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	632.00 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	54.00 kg/m ³
Aire	2

RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO CON PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO (03 PROBETAS – 0.02 m³)

Tabla 6

Diseño de prueba concreto patrón

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	6.64 kg
Agua Efectiva:	3.56 kg
Agregado Fino húmedo:	16.50 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

Tabla 7

Diseño de prueba con 10% de adición de partículas de caucho reciclado

PARA 03 ESPECIMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.60 kg
Agregado Fino húmedo:	14.84 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	0.54 kg

Tabla 8

Diseño de prueba con 15% de adición de caucho reciclado.

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.62 kg
Agregado Fino húmedo:	14.04 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	0.82 kg

Tabla 9

Diseño de prueba con 20% de adición de caucho reciclado.

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.64 kg
Agregado Fino húmedo:	13.20 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	1.08 kg

3.2 Resultado de Ajuste de Diseño de Mezcla

Tabla 10

Diseño final de Concreto Patrón

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.00 kg
Agua Efectiva:	3.82 kg
Agregado Fino húmedo:	14.70 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO

Tabla 11

*Diseño final de Concreto con sustitución del 10% de Agregado Fino por
Partículas de Caucho Reciclado.*

MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.22 kg
Agua Efectiva:	3.98 Lt
Agregado Fino húmedo:	14.12 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

Tabla 12

*Diseño final de Concreto con sustitución del 15% de Agregado Fino por
Partículas de Caucho Reciclado.*

MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.38 kg
Agua Efectiva:	4.08 Lt
Agregado Fino húmedo:	13.71 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

Tabla 13

*Diseño final de Concreto con sustitución del 20% de Agregado Fino por
Partículas de Caucho Reciclado*

MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.44 kg
Agua Efectiva:	4.14 Lt
Agregado Fino húmedo:	13.56 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

3.3. Propiedades del Concreto en Estado Fresco

PESO UNITARIO (NTP 339.046; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 138)

Se determinó el peso unitario de las mezclas de concreto según NTP 339.046, los valores del peso unitario están dentro de lo aceptable y se clasificaron como concretos de peso normal (2240-2400 kg/m³). Los resultados se muestran a continuación

Tabla 14

Valores de peso unitario para concreto fresco.

PESO UNITARIO CONCRETO FRESCO				
	0.00%	10.0 %	15.0 %	20.0 %
Peso del Cilindro+concreto (kg)	22.965	21.277	20.877	20.214
Peso del Cilindro (kg)	8.875	8.650	8.604	8.171
Peso del concreto (kg)	14.090	12.627	12.273	12.043
Vol. del Cilindro (m ³)	0.006	0.006	0.006	0.006
Peso Unitario (kg/m³)	2294.060	2237.04	2207.37	2166.01

Tabla 15

Variación del peso unitario en % respecto al concreto patrón

PESO UNITARIO CONCRETO FRESCO		
C° PATRÓN	2294.06	
PCR 10%	2237.04	2.49%
PCR 15%	2207.37	3.78%
PCR 20%	2166.01	5.58%

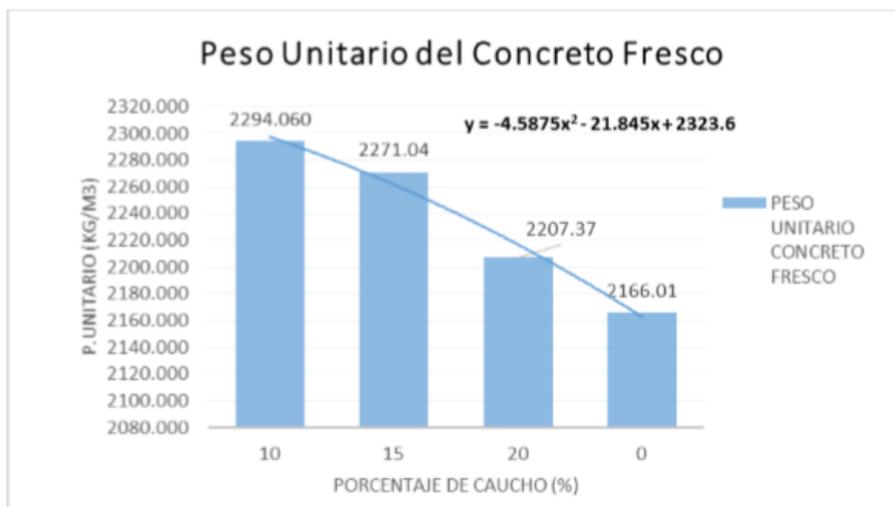


Figura 2: Peso unitario del concreto fresco para diferentes porcentajes de sustitución del A. fino con Partículas de caucho reciclado.

3.4. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido

Para poder identificar los especímenes de concreto, se ha elaborado la siguiente nomenclatura

CÓDIGO	TIPOS DE MUESTRAS
CP	Concreto patrón sin sustitución del A.F.
A-10%	Concreto con sustitución del 10% A.F. por partículas de caucho reciclado.
A-15%	Concreto con sustitución del 15% A.F. por partículas de caucho reciclado
A-20%	Concreto con sustitución del 20% A.F. por partículas de caucho reciclado.

REPORTE DE PROBETAS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034)

Luego de concluir con el ensayo a la compresión de las probetas elaboradas tanto de Concreto con agregado fino y sustitución por caucho reciclado, se presenta un cuadro Reporte.

Tabla 16

Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)							
EDAD (DÍAS)	CP	A-10%	A-15%	A-20%			
7 DÍAS	131.91	131.59	126.17	124.26	97.50	98.74	68.82
	130.17		123.30		100.36		71.69
	132.16		126.17		96.35		74.56
	130.85		126.17		100.36		71.69
	132.56		114.70		97.50		77.42
	131.91		129.04		100.36		77.42
14 DÍAS	183.52	182.96	172.05	183.04	103.23	119.00	91.76
	183.56		177.79		114.70		91.76
	182.32		174.92		120.44		103.23
	181.56		194.99		126.17		106.10
	183.86		189.26		123.30		100.36
	182.96		189.26		126.17		97.50
28 DÍAS	209.33	209.39	200.73	191.65	137.64	129.52	103.23
	212.20		194.99		126.17		108.97
	210.21		183.52		126.17		114.70
	209.09		194.99		129.04		114.70
	207.56		183.52		131.91		120.44
	207.96		192.12		126.17		114.70

Tabla 17

Variación de la resistencia en % respecto al concreto patrón.

DÍAS	PCR 10%	PCR 15%	PCR 20%
7	5.57%	24.97%	44.07%
14	-0.04%	34.96%	46.19%
28	8.47%	38.15%	46.13%

Tabla 18

Resumen comparativo de resultados de resistencia promedio a la compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)				
EDAD (DÍAS)	CP	A-10%	A-15%	A-20%
7 DÍAS	131.59	124.26	98.74	73.60
14 DÍAS	182.96	183.04	119.00	98.45
28 DÍAS	209.39	191.65	129.52	112.79

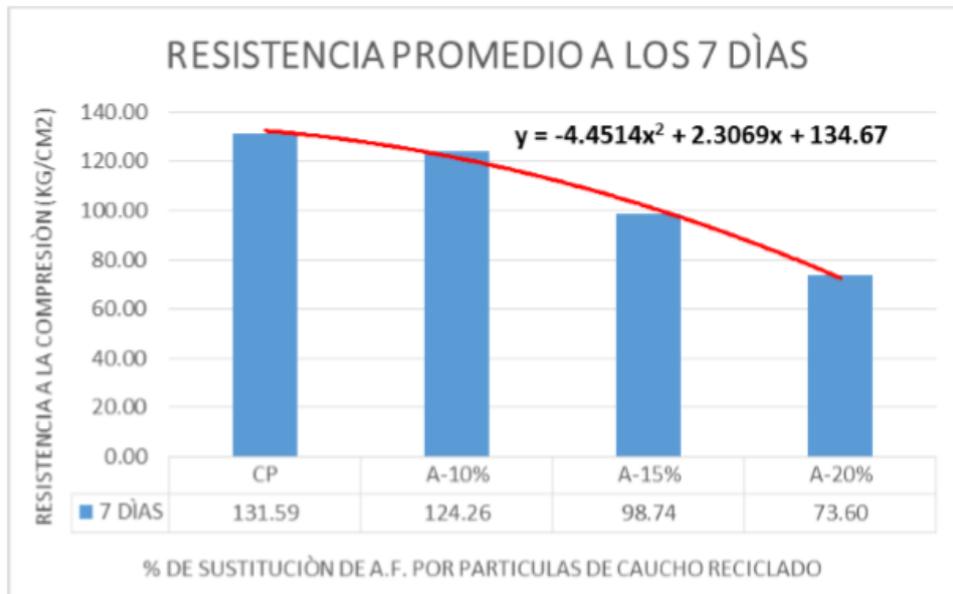


Figura 3: Resistencia promedio a la compresión a los 7 días.

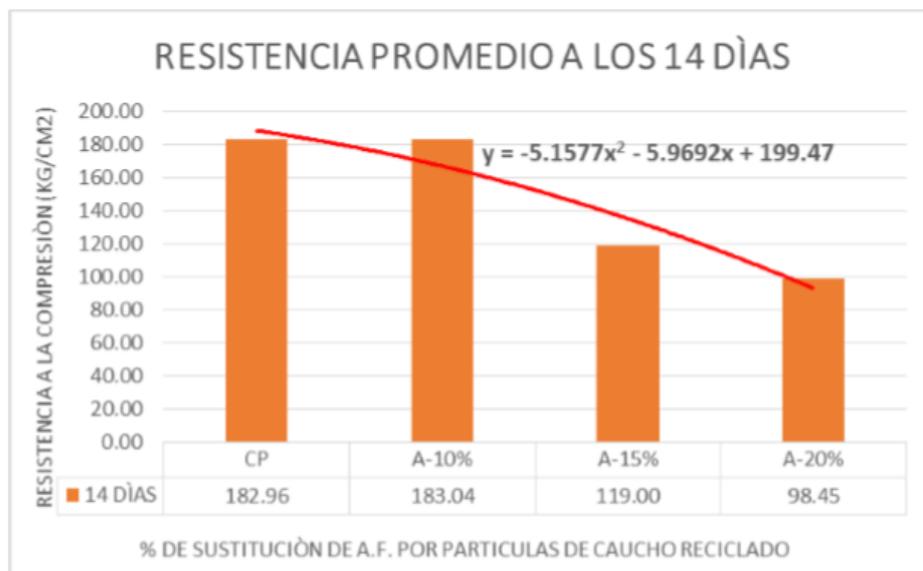


Figura 4: Resistencia promedio a la compresión a los 14 días.

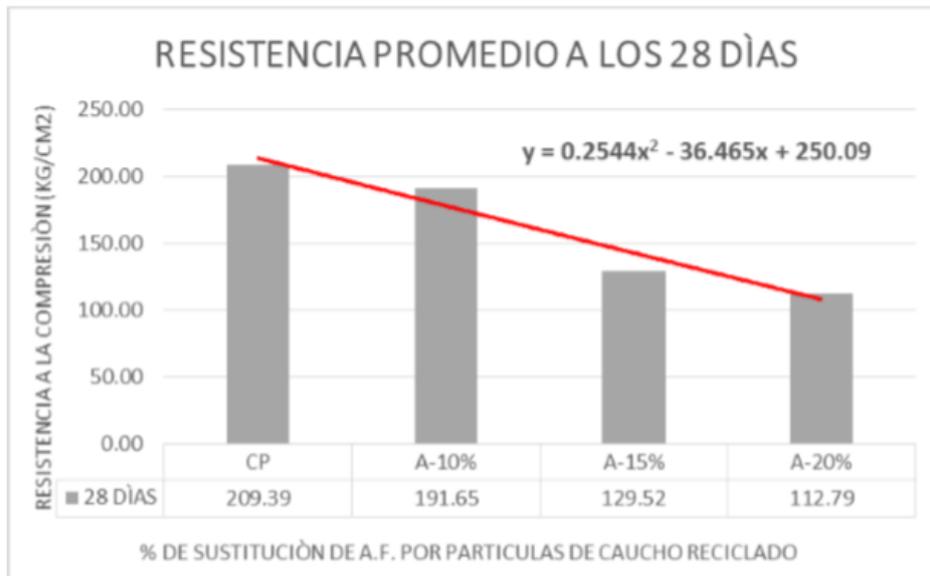


Figura 5: Resistencia promedio a la compresión a los 28 días.



Figura 6: Resumen de Resistencia promedio a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

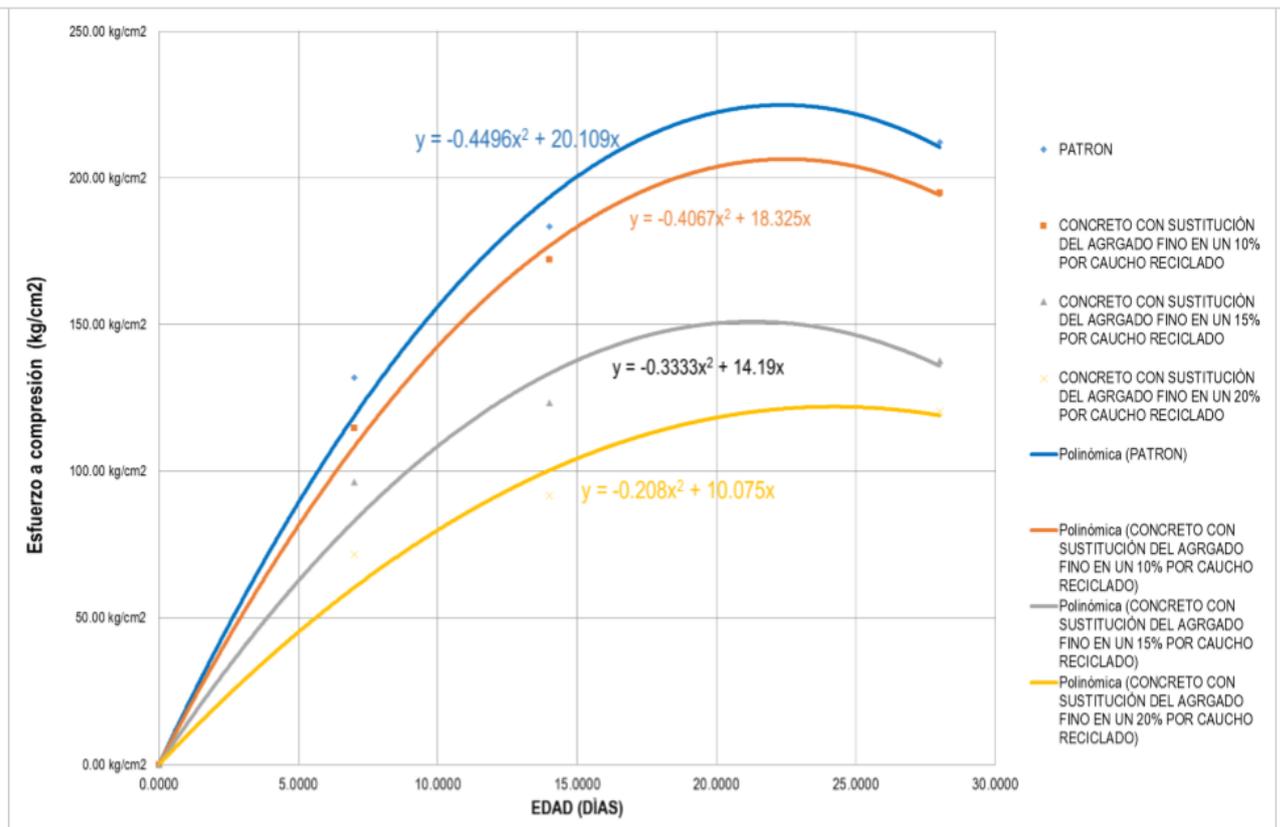


Figura 7: Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto en función de tiempo.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSIÓN

4.1.1 Concreto con Sustitución de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.

El cemento es un elemento importante en cuanto a la resistencia del concreto, se puede observar la variación que existe entre ambos diseños, de acuerdo a las tablas N° 11, 12 y 13; con respecto a la cantidad de cemento utilizado.

4.1.2 Propiedades del Concreto en Estado Fresco

El peso unitario del concreto fresco en mezcla de concreto patrón es ligeramente mayor en comparación con el concreto con sustitución del 10% del agregado fino por partículas de caucho recicladas, pues el concreto patrón tiene mayor cantidad de agregado fino en su diseño.

A medida que se aumenta el porcentaje de aditivo, el valor del peso unitario decrece, esto debe a que, a mayor porcentaje de sustitución del agregado fino por partículas de caucho reciclado, mayor será el volumen de la pasta y por ende disminuye el volumen del agregado fino por metro cubico.

4.1.3 Propiedades del Concreto en Estado Endurecido

Se observa que el concreto patrón logra un desarrollo de 70% y 80% de la resistencia final a los 7 y 14 días respectivamente; mientras que para las mismas edades el concreto con la sustitución del 10% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado obtiene una variación de 8.74% de resistencia obtenida a los 28 días.

De esto se puede inferir que el concreto elaborado con la sustitución del 10% del Agregado Fino por las Partículas de Caucho Reciclado no presenta una variación muy visible en la Resistencia a la compresión del concreto patrón, a diferencia de la sustitución de los porcentajes del 15 y 20%, pero esto no asegura que se mantenga la tendencia a los 28 días.

De la gráfica resistencia a compresión vs tiempo se puede concluir que las mezclas de concreto con sustitución del 10% disminuye la resistencia a la compresión del concreto

patrón a los 28 días en un 8.74%, con 15% de partículas de caucho reciclado la resistencia disminuye en un 38.32% y con 20% de partículas de caucho reciclado se aprecia que la resistencia a compresión disminuye en aproximado de 46.29%.

4.2 CONCLUSIONES

El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con sustitución del 10% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 8.47% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una sustitución del 15% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 38.15% con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con una sustitución del 20% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 46.13% con respecto al concreto patrón. La desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días es de 1.68 kg/cm² con un coeficiente de variación de 0.80%; la desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 10% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 6.89 kg/cm² con un coeficiente de variación de 3.59%; la desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 15% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 4.59 kg/cm² con un coeficiente de variación de 3.55% y la desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 20% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 5.92 kg/cm² con un coeficiente de variación de 5.25%.

El porcentaje óptimo de sustitución de agregado fino por caucho reciclado es de 10%, ya que se obtuvo el mayor valor de la resistencia mecánica a la compresión: 191.65 kg/cm².

La sustitución del 10, 15 y 20 % del agregado fino por partículas de caucho reciclado influye negativamente en la resistencia mecánica del concreto.

Al reutilizar estos minerales de sub productos industriales contribuimos con el medio ambiente reutilizando y dando nueva vida a nuevos productos que tienen las mismas propiedades físicas – químicas que un concreto tradicional.

REFERENCIAS

1. (Ref. HARDING, M.). (Por / By José Castañeda Ávila, Cecilia Olague Caballero, Facundo M. Almeraya Calderón, Citlalli Gaona Tiburcio y Alberto Martínez Villafañe.) Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N°1 Enero Junio de 2005.
2. F.ALTUN, T. HAKTANIR (Engineering Faculty, Civil Eng., Dept., Kayeri TURKIA 2004)
3. RIVVA LOPEZ, Enrique: Diseño de Mezclas de Concreto, volumen 1.Peru. Editorial Universitaria, 2004
4. CANTER, W. Larry. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, técnicas para la elaboración de estudios. 2ª ed. España: McGraw- Hill/Interamericana, 1998. p. 805.
5. BEDOYA MONTOYA, Carlos Mauricio. Confección del concreto reciclado mediante el aprovechamiento de residuos de la construcción. Trabajo de graduación Ing. Civil. Medellín Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 1998. p. 143.
6. LUND, Herbert F. Manual McGraw-Hill de reciclaje, volumen 1 y 2. España: McGrawHill/Interamericana, 1996. p. 1101.
7. PASQUEL, Enrique: Tópicos de Tecnología del Concreto, volumen 1
8. Torres, M. y Elizondo, N. Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperación de V y Mo de catalizadores gastados de la industria petroquímica. Parte I. Principios y método de recuperación. [On line] [México]. Abril 2001. Consultado: 01/04/2008. Disponible en:
<http://www.cujae.edu.cu/centros/cecat/documentos/hormigonaltaresistencia.pdf>
9. Quaranta, N. y Benavides, E. Jornadas SAM – CONAMET – AAS. Densificación de cenizas de una central Térmica. [On line] [Argentina]. Septiembre 2001. Consultado: 12/04/2008. Disponible en:

[http://Www.MaterialesSam.Org.Ar/Sitio/Biblioteca/Posadas/Trabajos/1209.](http://Www.MaterialesSam.Org.Ar/Sitio/Biblioteca/Posadas/Trabajos/1209)

Pdf

10. Velásquez, S. 2002. Aplicaciones del Catalizador de Craqueo Catalítico Usado (FCC) en la Preparación de Conglomerantes Hidráulicos. Estudio de sus Propiedades Puzolánicas. Universidad Politécnica de Valencia.

ANEXOS

ANEXO N°01 Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del Agregado Fino con caucho reciclado 10% a los 28 días.

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO EN UN 10% POR CAUCHO RECICLADO	Resistencia promedio	191.65 kg/cm ²	
	Resistencia (kg/cm ²)	X - X _{prom}	(X - X _{prom}) ²
Probeta 1	200.73	9.08	82.46
Probeta 2	194.99	3.35	11.19
Probeta 3	183.52	-8.12	66.01
Probeta 4	194.99	3.35	11.19
Probeta 5	183.52	-8.12	66.01
Probeta 6	192.12	0.48	0.23
Desviación Estándar	6.89 kg/cm²		
Coefficiente de Variación	3.59%		

**ANEXO N°02 Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del
Agregado Fino con caucho reciclado 15% a los 28 días**

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO EN UN 15% POR CAUCHO RECICLADO	Resistencia promedio	129.52 kg/cm ²	
	Resistencia (kg/cm ²)	X - X _{prom}	(X - X _{prom}) ²
Probeta 1	137.64	8.12	66.01
Probeta 2	126.17	-3.35	11.19
Probeta 3	126.17	-3.35	11.19
Probeta 4	129.04	-0.48	0.23
Probeta 5	131.91	2.39	5.71
Probeta 6	126.17	-3.35	11.19
Desviación Estándar	4.59 kg/cm²		
Coeficiente de Variación	3.55%		

ANEXO N°03 Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del Agregado Fino con caucho reciclado 20% a los 28 días.

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO EN UN 20% POR CAUCHO RECICLADO	Resistencia promedio	112.79 kg/cm ²	
	Resistencia (kg/cm ²)	X - X _{prom}	(X - X _{prom}) ²
Probeta 1	103.23	-9.56	91.36
Probeta 2	108.97	-3.82	14.62
Probeta 3	114.70	1.91	3.65
Probeta 4	114.70	1.91	3.65
Probeta 5	120.44	7.65	58.47
Probeta 6	114.70	1.91	3.65
Desviación Estándar	5.92 kg/cm²		
Coeficiente de Variación	5.25%		

ANEXO N°04 Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con natural a los 28 días

CONCRETO PATRÓN	Resistencia promedio	209.39 kg/cm ²	
	Resistencia (kg/cm ²)	X - X _{prom}	(X - X _{prom}) ²
Probeta 1	209.33	-0.06	0.00
Probeta 2	212.20	2.81	7.87
Probeta 3	210.21	0.82	0.67
Probeta 4	209.09	-0.30	0.09
Probeta 5	207.56	-1.83	3.35
Probeta 6	207.96	-1.43	2.05
Desviación Estándar	1.68 kg/cm²		
Coeficiente de Variación	0.80%		

PANEL FOTOGRAFICO

Fotografía N°1. Selección del agregado grueso y fino para determinar el peso específico



Fotografía N°2. Material usado para la determinación del peso específico del agregado fino.



Fotografía N°3. Juego de tamices para realizar la granulometría



Fotografía N°4. Peso de muestras para determinar el contenido de humedad del agregado fino



Fotografía N°5. Mezcla de los materiales para la elaboración de los especímenes de concreto.



Fotografía N°6. Peso de las partículas de caucho reciclado



Fotografía N°7. Mezcla de las partículas de caucho reciclado con los materiales de mezcla.



Fotografía N°8. Encofrado de probetas



Fotografía N°9. Probetas listas para el ensayo a compresión.

