

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA MECANICA A
LA COMPRESION DEL CONCRETO ADICIONADO CON
RESIDUOS DE LLANTAS DE CAUCHO, HUANUCO 2019”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Chinchano Poma, Erikson

ASESOR: Diaz Jorge, Hanonver Jonathan

HUÁNUCO – PERÚ

2020

U

D

H



TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ()
- Trabajo de Suficiencia Profesional(X)
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Análisis estructural, hidráulica y sanitaria

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44863956

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 45831158

Grado/Título: Maestro en Medio Ambiente y

Desarrollo Sostenible, Mención En Gestión Ambiental

Código ORCID: 0000-0002-9488-4278

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Taboada Trujillo, William Paolo	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	40847625	0000-0002-4594-1491



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería

EAP INGENIERIA CIVIL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 10:15 horas del día 14 del mes de febrero del año 2020, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores Nombrados mediante la Resolución N° 104-2020-R-FI-UDH integrado por los docentes:

Mg. Johnny Prudencia JACHA ROJAS (Presidente)
Mg. Martín Casar VALDIVIESO ECHEVARRÍA (Secretario)
Mg. William Paolo TABDADA TRUJILLO (Vocal)

Para calificar el Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada:

"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA MECÁNICA
A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ADICIONADO CON RESIDUOS
DE LLANTAS DE CAUCHO, HUANUCO 2019"

....." presentado por el (la)
Bachiller ERIKSON CHINCHANO POMA, para optar el
Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

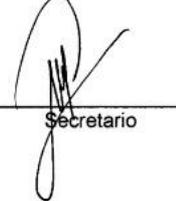
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) ACROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE

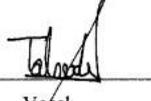
Siendo las 11:09 horas del día 14 del mes de febrero del año 2020, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA.

Quiero dedicar este trabajo en primera instancia a Dios por el don de la vida. A mis padres por ser las personas que con su ejemplo y dedicación han hecho de mí una persona correcta en la vida. A la universidad de HUANUCO, por brindarme herramientas para materializar día a día esos sueños que siempre se van transformando en realidad

AGRADECIMIENTO.

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi Familia

Que siempre han estado a mi lado apoyándome y aportando toda su sabiduría para que pudiera escoger el camino correcto. Por sus ideas y noches que pasaron a mi lado buscando la solución a problemas que se me han presentado y sobre todo por el infinito amor que han demostrado tenerme, gracias.... Los amo.

A mis Profesores

Por esa paciencia infinita y ese enorme deseo de transmitir tanto sus conocimientos profesionales y sobre todo por formar parte importante en mi estancia dentro de la Universidad de Huánuco que formaron parte esencial de mi formación como profesional y al asesoramiento de mi trabajo de investigación.

A mis Amigos

Por la amistad incondicional que me brindaron y su aporte en mi trabajo durante el proceso de investigación, de verdad se los agradezco.

INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
INDICE	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XII
RESUMEN.....	XV
SUMMARY	XVI
INTRODUCCION.....	XVII
CAPÍTULO I.....	18
PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	18
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1. Problema General.....	19
1.2.2. Problemas Específicos.....	19
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	19
1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEORICO.....	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	22
2.1.1. Antecedente Internacional.....	22
2.1.2. Antecedente Nacional.....	22

2.1.3. Antecedentes Locales.....	23
2.2. BASES TEORICAS	23
2.2.1. Concreto.	23
2.2.2. Proporcionamiento de mezclas de concreto de peso normal.....	23
2.2.3. Dosificación de mezclas de concreto Dosificación.....	24
2.2.4. Relación agua cemento.	24
2.2.5. Método de los pesos volumétricos.....	24
2.2.6. Método de los volúmenes.	25
2.2.7. Características mecánicas del concreto.....	25
2.2.8. Cemento Portland Gris.....	25
2.2.9. Fabricación del cemento Portland.....	27
2.2.10. Fabricación de Clinker – Horno.....	30
2.2.11. Tipos de cemento y sus aplicaciones.....	36
2.2.12. Propiedades físicas y mecánicas de los cementos	38
2.2.13. Agregado Fino y Agregado Grueso	40
2.2.14. Agua.....	45
2.2.15. ENSAYOS Y PRUEBAS DEL CONCRETO.....	46
2.2.16. LLANTA DE CAUCHO	57
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	68
2.4. HIPÓTESIS.	69
2.4.1 Hipótesis General.....	69
2.4.2 Hipótesis Secundaria.	69
2.5. VARIABLES.....	70
2.5.1. Variable Independiente.	70
2.5.2. Variable Dependiente.....	70
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	71
CAPITULO III.....	72

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	72
3.1. MATERIALES Y METODOS	72
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACION.....	72
3.1.2. POBLACION Y MUESTRA.	73
3.1.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.	74
3.1.4. TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION.....	76
3.1.5. INTERPRETACION DE DATOS.	77
CAPITULO IV	81
RESULTADOS	81
4.1 PRESENTACION DE RESULTADOS	81
4.1.1 PROCESO	81
4.1.2 Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 7 días.	83
4.1.3 Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 14 días.	84
4.1.4 Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 28 días.	85
4.1.5 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 3 días con residuos de llantas de caucho 10%.	86
4.1.6 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 7 días con residuos de llantas de caucho 10%.	87
4.1.7 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 14 días con residuos de llantas de caucho 10%.	88
4.1.8 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 28 días con residuos de llantas de caucho 10%.	89
4.1.9 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 3 días con residuos de llantas de caucho 20%.	90
4.1.10 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 7 días con residuos de llantas de caucho 20%.	91
4.1.11 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 14 días con residuos de llantas de caucho 20%.	92

4.1.12	Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 28 días con residuos de llantas de caucho 20%.	93
4.1.13	Comparación de la temperatura, y peso unitario del concreto patrón y los concretos con 10% y 20% de residuos de llantas de caucho.	94
4.1.14	Lectura de Temperatura del concreto patrón.	95
4.1.15	Medición del SLUMP del concreto patrón.	96
4.1.16	Medición del Peso Unitario del concreto patrón.	97
4.1.17	Medición de Temperatura para concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 10% de residuo de llantas de caucho.	98
4.1.18	Medición del peso unitario para concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 10% de residuo de llantas de caucho.	99
4.1.19	Medición de Temperatura para concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 20% de residuo de llantas de caucho.	100
4.1.20	Medición del peso unitario para concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 20% de residuo de llantas de caucho.	101
4.1.21	Comparación de resultados: TEMPERATURA.	102
4.1.22	Comparación de resultados: PESO UNITARIO.	103
4.2	CONTRASTACION DE HIPOTESIS	103
CAPITULO V		110
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.		110
5.1.	CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS.	110
CONCLUSIONES.		111
RECOMENDACIONES.		112
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.		113
ANEXOS.		116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Especificaciones del concreto (Sánchez de Guzmán, 1996)....	49
Cuadro 2 Composición típica de llantas	57
Cuadro 3 Resistencia a compresión, estudio hecho en España, (Schultz et al., 2004).	65
Cuadro 4 Resistencia a compresión, (Aiello & Leuzzi, 2010).....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Numero de muestras totales.	74
Tabla 2 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón	81
Tabla 3 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto	82
Tabla 4 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón	83
Tabla 5 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto	83
Tabla 6 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón	84
Tabla 7 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto	84
Tabla 8 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón	85
Tabla 9 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto	85
Tabla 10 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%	86
Tabla 11 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto	86
Tabla 12 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%	87
Tabla 13 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto	87
Tabla 14 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%	88
Tabla 15 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto	88
Tabla 16 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%	89

Tabla 17 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días.....	89
Tabla 18 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%	90
Tabla 19 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	90
Tabla 20 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 20%.	91
Tabla 21 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	91
Tabla 22 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 20%.	92
Tabla 23 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	92
Tabla 24 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 20%.	93
Tabla 25 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	93
Tabla 26 Datos obtenidos del concreto en estado fresco, temperatura, y peso unitario.....	94
Tabla 27 Distribución de frecuencias-Temperatura concreto patrón.....	95
Tabla 28 Medidas de dispersión-Temperatura concreto patrón.	95
Tabla 29 Distribución de frecuencias-Slump de concreto patrón.	96
Tabla 30 Medidas de dispersión-Slump de concreto patrón	96
Tabla 31 Distribución de frecuencias-Peso Unitario de concreto patrón..	97
Tabla 32 Medidas de dispersión-Peso Unitario de concreto patrón.	97
Tabla 33 Distribución de frecuencias-Temperatura con 10% res. Llantas de caucho.	98
Tabla 34 Medidas de dispersión-Temperatura con 10% res. Llantas de caucho.	98
Tabla 35 Distribución de frecuencias-Peso unitario con 10% res. Llantas de caucho.	99
Tabla 36 Medidas de dispersión-Peso unitario con 10% res. Llantas de caucho.	99

Tabla 37 Distribución de frecuencias-Temperatura con 20% de res. de llantas de caucho.	100
Tabla 38 Medidas de dispersión-Temperatura con 20% de res. de llantas de caucho.....	100
Tabla 39 Distribución de frecuencias-Peso unitario con 20% de res. de llantas de caucho.	101
Tabla 40 Medidas de dispersión--Peso unitario con 20% de res. de llantas de caucho.....	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Presentaciones del cemento	27
Gráfico 2 Componentes químicos para la fabricación del cemento	27
Gráfico 3 Extracción de materia prima de yacimientos	28
Gráfico 4 Molido de material	29
Gráfico 5 Pre calentador	30
Gráfico 6 Cocción de las materias primas.....	31
Gráfico 7 Enfriado del Clinker	31
Gráfico 8 Molienda del Clinker	32
Gráfico 9 Expedición del Clinker	33
Gráfico 10 Componentes químicos del cemento.....	33
Gráfico 11 Componentes químicos secundarios del cemento	34
Gráfico 12 Tipos de cemento	36
Gráfico 13 Requisitos de Granulometría para agregados finos.....	39
Gráfico 14 Módulo de Fineza del Agregado Fino	40
Gráfico 15 Módulo de Fineza del Agregado Grueso	43
Gráfico 16 Agregado Finos y Gruesos	45
Gráfico 17 Límites permisibles para el agua de mezcla y curado	46
Gráfico 18 Vertimiento del concreto hasta un tercio.....	47
Gráfico 19 Vertimiento del concreto terminado para la determinación del asentamiento.....	48
Gráfico 20 Medición del Slump para determinar el asentamiento	48
Gráfico 21 Ensayo de resistencia a la compresión.	52
Gráfico 22 Trabajabilidad y revenimiento de concretos	57
Gráfico 23 Reciclado de llantas de caucho	58
Gráfico 24 Tamaños de grano de caucho triturado en el mercado.	59
Gráfico 25 Caucho granulado tomado de www.mundolimpio.com.co	59
Gráfico 26 Resistencia a la compresión, (Valadares et al, 2009).....	64
Gráfico 27 Resistencia a compresión, (Albano et al., 2007).	65
Gráfico 28 Resistencia a la compresión, (Suk et al., 1998).....	66
Gráfico 29 Resistencia a la compresión (Toutanji, 1996).....	66
Gráfico 30 Resistencia a la compresión (Oviedo et al., 2008).....	67
Gráfico 31 Representación de datos.....	76

Gráfico 32 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 3 días.....	82
Gráfico 33 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 7 días.....	83
Gráfico 34 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 14 días.....	84
Gráfico 35 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 28 días.....	85
Gráfico 36 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 3 días.....	86
Gráfico 37 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 7 días.....	87
Gráfico 38 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días.....	88
Gráfico 39 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 28 días.....	89
Gráfico 40 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 3 días.....	90
Gráfico 41 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 7 días.....	91
Gráfico 42 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días.....	92
Gráfico 43 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 28 días.....	93
Gráfico 44 Temperatura vs. Mezclas de concreto para edades del concreto	94
Gráfico 45 Peso Unitario vs. Mezclas de concreto para edades del concreto	95
Gráfico 46 Distribución de Frecuencias-Temperatura concreto patrón	96
Gráfico 47 Distribución de Frecuencias-Slump concreto patrón	97
Gráfico 48 Distribución de frecuencias-Peso unitario concreto patrón.....	98
Gráfico 49 Distribución de frecuencias-Temperatura con 10% res. Llantas de caucho.....	99

Gráfico 50 Distribución de frecuencias-Peso unitario con 10% res. Llantas de caucho	100
Gráfico 51 Distribución de frecuencias-Temperatura con 20% de res. de llantas de caucho	101
Gráfico 52 Distribución de frecuencias-Peso unitario con 20% de res. de llantas de caucho	102
Gráfico 53 Medición de Temperatura.....	102
Gráfico 54 Peso Unitario	103
Gráfico 55 Evolución del concreto patrón	104
Gráfico 56 Evolución del concreto $f'c=210$ Kg/cm ² CON 10% de residuo de llantas de caucho	104
Gráfico 57 Evolución del concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 20% de res. de llantas de caucho	105
Gráfico 58 Comparación de $F'c$ a 28 días.....	105
Gráfico 59 Comparación de $f'c$ de concreto patrón y concreto con residuos de llantas de caucho 10% y 20%	106
Gráfico 60 Comparación de $F'c$ a 28 días.....	107
Gráfico 61 Evolución del concreto con residuos de llantas de caucho...	107

RESUMEN

Los resultados del trabajo de suficiencia profesional titulado “estudio experimental de la resistencia a la compresión del concreto adicionado con residuos de llantas de Caucho” hacen parte del proyecto de grado de título en ingeniería civil, con énfasis en estructuras; tiene como objetivo realizar el análisis comparativo del concreto convencional y el concreto elaborado con residuos de llantas de caucho, reemplazando parcialmente el agregado fino en volumen, para determinar sus propiedades más significativas en estado fresco y endurecido; la metodología del estudio fue descriptivo, de diseño experimental prospectivo de corte longitudinal.

Para el desarrollo del trabajo se prepararon tres tipos de mezclas, la primera sin adición de grano de caucho, la segunda reemplazando el 10% del agregado fino por la misma cantidad en volumen de caucho, la tercera mezcla de la misma forma, pero con porcentajes de reemplazo de 20%. Se evaluaron las propiedades mecánicas como: resistencia a la compresión; ensayos de durabilidad como: absorción. Los ensayos mecánicos de resistencia a la compresión se ensayaron las muestras a los 3, 7, 14 y 28 días.

Finalmente, con el estudio se ha querido determinar que el comportamiento del concreto elaborado con residuos de llanta de caucho reciclado, es similar al del concreto con agregados naturales, lo que sugiere que puede ser utilizado como un concreto no estructural.

Palabras claves: Neumáticos usados, desempeño del concreto, resistencia a compresión y normas ASTM.

SUMMARY

The results of the work of professional sufficiency entitled "experimental study of the compressive strength of concrete added with rubber tire residues" are part of the degree project in civil engineering, with emphasis on structures; Its objective is to carry out the comparative analysis of conventional concrete and concrete made with rubber tire residues, partially replacing the fine aggregate in volume, to determine its most significant properties in the fresh and hardened state; The methodology of the study was descriptive, with a prospective experimental design of longitudinal section.

For the development of the work, three types of mixtures were prepared, the first without the addition of rubber grain, the second replacing 10% of the fine aggregate with the same amount by volume of rubber, the third mixture in the same way, but with percentages 20% replacement. Mechanical properties were evaluated as: compressive strength; durability tests such as: absorption. Mechanical tests of compressive strength samples were tested at 3, 7, 14 and 28 days.

Finally, the study wanted to determine that the behavior of concrete made from recycled rubber tire residues is similar to that of concrete with natural aggregates, which suggests that it can be used as a non-structural concrete.

Keywords: Used tires, concrete performance, compressive strength and ASTM standards.

INTRODUCCION

A lo largo de los años a nivel mundial; en especial en el PERU, el manejo de residuos sólidos se convierte en un serio problema, precisamente un tipo de estos que en la actualidad genera dificultad en su procesamiento que constituye los neumáticos en desuso o también llamados neumáticos fuera de uso, cuya disposición final ocasiona diversos problemas ambientales. En este sentido, el mayor problema se centra en la dificultad para su destrucción una vez que han cumplido su vida útil.

En la actualidad, los neumáticos usados generalmente lo depositan en acopios a la intemperie, enterrados bajo desechos mineros o simplemente botado en zonas públicas. Adicionalmente estos neumáticos desechados sirven de refugio de diversas plagas, mosquitos, sancudos, roedores e insectos, muchos de los cuales son vectores de enfermedades, poniendo en riesgo la salud de las personas y del entorno. Además, este tipo de material crea problemas de contaminación visual y usurpan el espacio vial de la naturaleza.

Considerando la problemática, como son: la generación desmedida de neumáticos e insuficientes sitios de disposición final de las mismas y la escasez de recursos pétreos, se podría considerar que la reutilización de las llantas como material reciclado dentro del concreto, presentaría una medida para contribuir al beneficio de la construcción, ambiental, técnico y económico para la sociedad.

El propósito del trabajo de suficiencia profesional, va encaminada a evaluar la viabilidad técnica de incorporar residuos provenientes de llantas como materiales para la elaboración de concreto; para dicho propósito se presentan en este documento los objetivos a los que irá encaminada la investigación, asimismo se describe el estado del arte a nivel mundial para concretos con partículas de caucho, sus propiedades y comportamientos. Se realiza la caracterización física y mecánica de los agregados naturales y reciclados, se plantea el programa experimental, se evalúan los resultados de ensayos y por último se plantean conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION.

1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La infraestructura a base de concreto cumple un papel fundamental en la actividad humana, con el paso de los años ha ido evolucionando significativamente. El empleo del mismo con el tiempo ha conducido a innovar el material para satisfacer las necesidades.

En los trabajos de ingeniería civil la gran parte de los profesionales realizan procedimientos y diseños de mezcla del concreto convencionales. Dichos profesionales al momento de realizar los diseños respectivos, optan a que este concreto pueda cumplir su función estructural de acuerdo a lo planificado.

Estas decisiones siempre han sido consideradas desde la planificación de la obra. Si bien es cierto que, el empleo del concreto garantiza que el proyecto se desarrolle eficientemente, también como profesionales tenemos que buscar alternativas que contribuyan significativamente en mejorar los procedimientos constructivos, empleo de aditivos (acelerantes, retardantes), empleo del epóxico (para juntas de concreto antiguo con nuevos), además de ello materiales para satisfacer los nuevos requerimientos como es el caso del empleo de neumáticos de caucho reciclado.

En ese contexto se constata que en nuestro medio se dispone de residuos de llantas de caucho. En ese sentido se buscará el empleo de los residuos de llantas de caucho en el concreto, para contribuir a revertir los efectos negativos que causa al medio ambiente, a la población del área de influencia y la salud pública.

Estos hechos han motivado de llevar a cabo el presente trabajo de Suficiencia Profesional con el fin de proponer el empleo de residuos de llantas de caucho para optimizar la resistencia del concreto, y contribuir con el cuidado del medio ambiente.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

¿De qué manera el residuo de llantas de caucho influye en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm² elaborado para elementos estructurales?

1.2.2. Problemas Específicos.

¿De qué manera se verá influenciado la resistencia del concreto al adicionar residuos de llantas de caucho?

¿La resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210$ kg/cm² aumentará o disminuirá con la adición de residuos de llantas de caucho?

¿La elaboración del concreto de $f'c=210$ kg/cm² añadiendo residuos de llantas de caucho será económicamente adecuada?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar en qué medida influye los residuos de llanta de caucho en la resistencia de compresión del concreto 210 kg/cm.

1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210$ kg/cm² elaborado con residuos de llantas de caucho.
- Determinar si la adición de residuos de llantas de caucho incrementa o disminuye la resistencia a compresión del concreto.
- Analizar los beneficios en el uso de residuos de llantas de caucho considerando el aspecto técnico y económico.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El Trabajo de Suficiencia Profesional se justifica porque el concreto elaborado con residuos de llantas de caucho todavía no es aplicado en la ciudad de Huánuco, esto se constató porque no se ha encontrado antecedentes, trabajos de investigación al respecto. Razón por la cual es importante estudiarla para poder aplicarlo en las construcciones de edificaciones en la ciudad.

Además de ello, se ha percibido que hay poco conocimiento referente al tema concerniente en construcción, sin embargo, en las indagaciones realizadas hay profesionales que han escuchado de esta tecnología sin embargo no lo aplican debido a que no hay un sustento técnico profesional comprobado la mayor resistencia del concreto adicionando residuos de llantas de caucho.

Este trabajo de Suficiencia Profesional en base a ensayos de laboratorio que permitirá dar a conocer si el empleo de residuos de llantas de caucho en el concreto, va mejorar significativamente la calidad de la misma.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

Para el presente trabajo de Suficiencia Profesional las limitaciones encontradas para el presente trabajo de investigación son:

- Poca información referente a antecedentes de trabajos de investigación en el empleo de residuos de llantas de caucho en la elaboración del concreto.
- Limitaciones en cuanto a la normatividad en el empleo de residuos de llantas de caucho en la elaboración del concreto.
- No existe experiencia profesional en el medio con relación a empleo de residuos de llantas de caucho en la elaboración del concreto.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

El trabajo de Suficiencia Profesional es viable por las siguientes razones:

- El investigador cuenta con la disponibilidad de Recursos Financieros y humanos para realizar el trabajo.
- Disponibilidad de materiales para desarrollar los ensayos.
- En la ciudad de Huánuco existen varios laboratorios para poder realizar los ensayos respectivos.
- Es un proyecto que aporta información a futuras investigaciones acerca de la utilización de materiales sustituyentes en la mezcla de concreto.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Para el presente trabajo de suficiencia profesional, como tema principal “Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho” se ha considerado como antecedentes a lo siguiente:

2.1.1. Antecedente Internacional

Escuela colombiana, (2014), “VALORACION DE PROPIEDADES MECANICAS Y DE DURABILIDAD DE CONCRETO AÑADIENDO CON RESIDUOS DE LLANTAS DE CAUCHO”, Maestría en Ingeniería Civil ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO. Cuyo objetivo general es: Preservación del medio ambiente con la disminución de llantas y la aplicación de nuevas tecnologías de concretos modificados.

Diseñar, elaborar y someter a ensayos los especímenes elaborados con cuatro mezclas de concreto, con el objetivo de evaluar el comportamiento a largo plazo del concreto.

2.1.2. Antecedente Nacional

MTC, (2016), publicado en el diario oficial el peruano, durante el periodo 2011 – 2014 el parque automotor se incrementó a una tasa promedio de 8.84% anual, pasando de 2´523,441 vehículos en 2011 a 3´252,714 en el año 2014 y en consecuencia la cantidad de neumáticos como desecho crecieron exponencialmente.

Bajo este escenario la utilización de concreto elaborado con materiales reciclados permitirá una optimización y disminución considerable de recursos durante el proceso de fabricación de los componentes, en tal sentido la investigación evalúa la viabilidad técnica de

incorporar residuos provenientes de neumáticos como materiales para la elaboración de concreto.

2.1.3. Antecedentes Locales

No existe registro alguno.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Concreto.

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregados (grueso, fino), aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. Ocasionalmente aditivos para proporcionar características especiales.

Siendo esta relación:

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

El cemento tiene una alta resistencia en compresión, pero su resistencia en tracción es baja, de hecho, en los cálculos se suele despreciar la resistencia en tracción (OTTAZZI, p.23).

2.2.2. Proporcionamiento de mezclas de concreto de peso normal.

El diseño de mezcla de concreto es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí.

- a) Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- b) Determinación de sus cantidades relativas "Proporcionamiento" para producir un concreto, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.
- c) Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los

cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto

- d) Minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales

2.2.3. Dosificación de mezclas de concreto Dosificación.

La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto a fin de obtener la trabajabilidad, resistencia durabilidad requerida. La dosificación debe basarse en múltiples factores tales como:

- Qué elementos se van a vaciar
- Qué condiciones ambientales deberán soportar (humedad)
- Qué materiales
- Procedimientos de mezclado
- Colocación
- curado se van a emplear en la obra, etc.
- Dada la complejidad del problema se han desarrollado numerosos métodos de dosificación (Abanto, p.59).

2.2.4. Relación agua cemento.

Todos los métodos de dosificación destacan la importancia de la relación entre las proporciones de agua y cemento en el concreto. Ambos materiales forman una pasta que al endurecer actúa como aglomerante manteniendo unidos los granos de los agregados. A medida que aumente la dosis de agua la pasta de cemento se diluye, el concreto se hace más trabajable, sin embargo, disminuye su resistencia y durabilidad.

2.2.5. Método de los pesos volumétricos.

El procedimiento de pesos volumétricos se basa en una estimación del

peso del concreto por volumen unitario, mientras que el procedimiento de volúmenes absolutos se basa en cálculos del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto (Abanto, p.72).

2.2.6. Método de los volúmenes.

Un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregado fino se basa en el uso de los volúmenes de los ingredientes. En este caso, el volumen total de los ingredientes conocidos –agua, aire, cemento y agregado grueso- se resta del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen que cualquier ingrediente ocupa en el concreto es igual a su peso dividido entre el peso específico de ese material (siendo este último el producto del peso unitario del agua y la densidad del material). El peso específico del agregado utilizado en los cálculos debe ser compatible con la condición de humedad supuesta en los pesos básicos del agregado por mezcla, es decir, de la masa seca si se establecen los pesos del agregado de acuerdo a la base seca y del peso específico a granel si los pesos se establecen con agregados saturados y superficialmente secos (Abanto, p.72).

2.2.7. Características mecánicas del concreto.

La principal característica estructural del concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de concreto.

2.2.8. Cemento Portland Gris.

Aspectos generales del Cemento Portland El cemento es un material inorgánico finamente pulverizado, de color gris o blanco que, al agregarle agua, ya sea sólo o mezclado con arena, grava u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso

bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad. Cuando el

cemento es mezclado con agua y arena forma mortero, y cuando es mezclado con arena y piedras pequeñas forma una piedra artificial llamada concreto.

Según Frederick el cemento es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes. (Frederik L.,1988).

En sentido genérico, el cemento se puede definir como un material con propiedades adhesivas y cohesivas que le dan la capacidad de unir fragmentos sólidos, para formar un material resistente y durable. Esta definición incluye gran cantidad de materiales cementantes como las calles, los asfaltos, etc. No obstante, los cementos que más importan, desde el punto de vista de la tecnología del concreto, son los cementos calcáreos que tengan propiedades hidráulicas, es decir, que desarrollen sus propiedades (fraguado y adquisición de resistencia) cuando se encuentran en presencia de agua, como consecuencia de la reacción química entre los dos materiales.

Los cementos utilizados, en la construcción, se denominan en algunas ocasiones por su origen, como el cemento romano, o por su parecido con otros materiales como el caso del cemento Portland, que tiene cierta semejanza con la piedra de Portland, utilizada en Gran Bretaña para la construcción. Los cementos que resisten altas temperaturas se llaman cementos refractantes.

Neville relata que en el año 1824 Joseph Apsdin un constructor inglés, patentó un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiría, según él, la misma resistencia que la piedra portland cerca del puerto de Dorset, con lo que se marca el punto de partida para el nacimiento de la tecnología del concreto. (Neville A., 1977).

En 1845, cuando se desarrolla el procedimiento industrial del cemento Portland moderno que con algunas variantes persiste hasta nuestros días y que consiste en moler rocas calcáreas con rocas arcillosas en cierta composición y someter este polvo a temperaturas sobre los 1300°C produciéndose lo que se denomina el Clinker, constituido por bolas

endurecidas de diferentes diámetros, que finalmente se muelen añadiéndoseles yeso para tener como producto definitivo un polvo sumamente fino.



Fuente: <https://www.google.com.pe/url?sa=i&rct=j&q>

Gráfico 1 Presentaciones del cemento

2.2.9. Fabricación del cemento Portland.

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

	COMPONENTE QUIMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Silice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Minerla de Hierro, Pirita
5%	Oxidos de Magnesio, Sodio	Minerales Varios
	Potasio, Titanio, Azufre,	
	Fosforo y Magnesio	

Fuente: Colegio de Ingenieros del Perú "Tópicos de Tecnología del Concreto"

Gráfico 2 Componentes químicos para la fabricación del cemento

➤ Obtención y preparación de materia primas

El proceso de fabricación del cemento comienza con la extracción de las materias primas que se encuentran en yacimientos, normalmente canteras a cielo abierto. Las canteras se explotan mediante voladuras

controladas, en el caso de materiales duros como calizas y pizarras, mientras que en el caso de materiales blandos (arcillas y margas) se utilizan excavadoras para su extracción.

Una vez extraído y clasificado el material, se produce la trituración hasta obtener una granulometría adecuada para el producto de molienda y se traslada a la fábrica mediante cintas transportadoras.



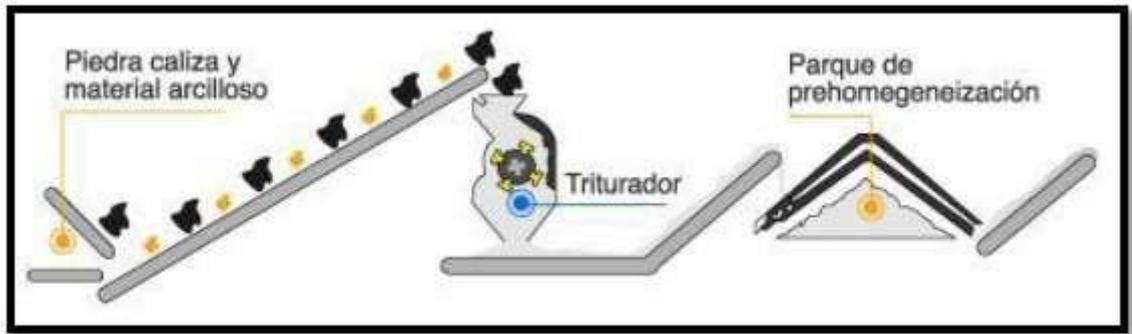
Fuente: Apaxo-cemento_ http://www.gpolagloria.com.mx/html/apaxco_cemento.html

Gráfico 3 Extracción de materia prima de yacimientos

➤ **Homogeneización y molienda crudo.**

En el parque de pre homogeneización, el material triturado se almacena en capas uniformes para ser posteriormente seleccionadas de forma controlada. La pre-homogeneización permite preparar la dosificación adecuada de los distintos componentes reduciendo su variabilidad.

Posteriormente, estos materiales se muelen en molinos verticales o de bolas para reducir su tamaño y favorecer así su cocción en el horno. En el molino vertical, se tritura el material a través de presión que ejercen sus rodillos sobre una mesa giratoria. A partir de ahí, la materia prima.

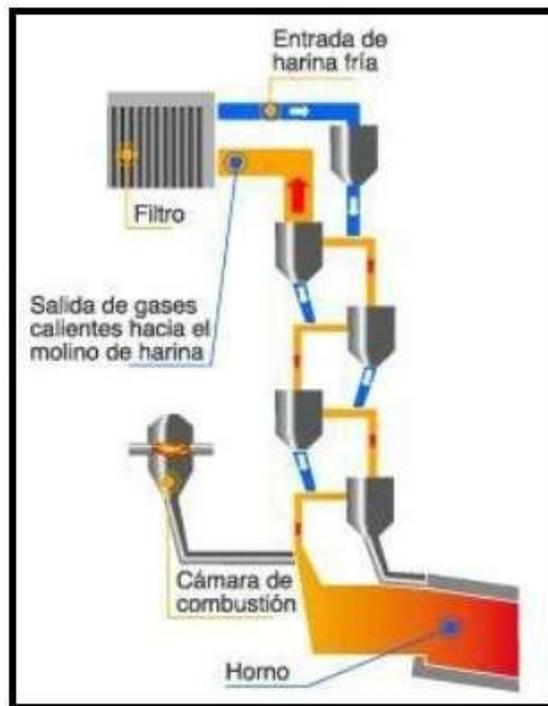


Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Gráfico 4 Molido de material

➤ **Pre-Calentador de ciclones**

En función de cómo se procesa el material antes de su entrada en el horno de Clinker, se distinguen cuatro tipos de procesos de fabricación: vía seca, vía semiseca, vía semi húmeda o vía húmeda. En la actualidad, la mayoría de las cementeras peruanas utilizan la vía seca. La alimentación del horno se realiza a través del pre calentador de ciclones, que calienta la materia prima para facilitar su cocción. La harina o crudo (materia prima molida) se introduce por la parte superior de la torre y va descendiendo por ella. Mientras tanto, los gases provenientes del horno, que están a altas temperaturas, ascienden a contracorriente, precalentando así el crudo que alcanza los 1.000°C antes de entrar al horno.



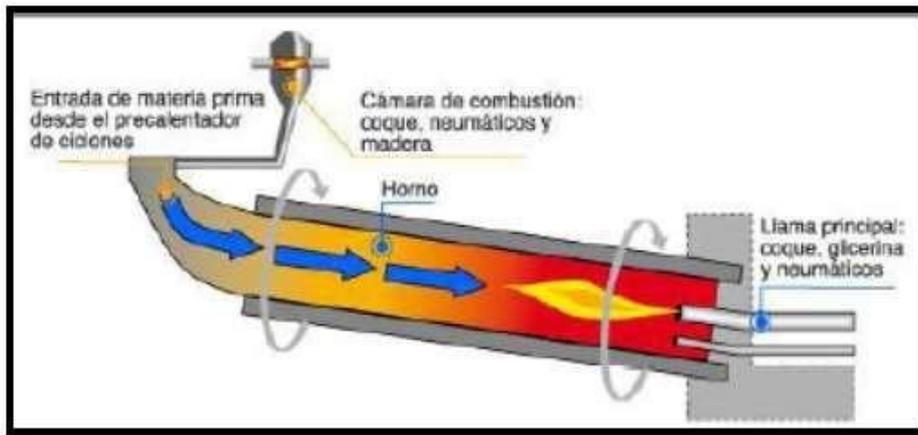
Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2007
Gráfico 5 Pre calentador

2.2.10. Fabricación de Clinker – Horno

A medida que la harina va avanzando en el interior del horno, mientras está rota, la temperatura va aumentando hasta alcanzar los

1,500 °C a esta temperatura se producen complejas reacciones químicas que dan lugar al Clinker.

Para alcanzar las temperaturas necesarias para la cocción de las materias primas y la producción del Clinker, el horno cuenta con una llama principal que arde a 2,000 °C. En algunos casos, también hay una llama secundaria situada en la cámara de combustión, que se encuentra en la torre del pre calentador. Estas llamas se alimentan con combustibles tradicionales, como el carbón o el coque de petróleo, o alternativos como los neumáticos o los lodos depuradora, entre otros.

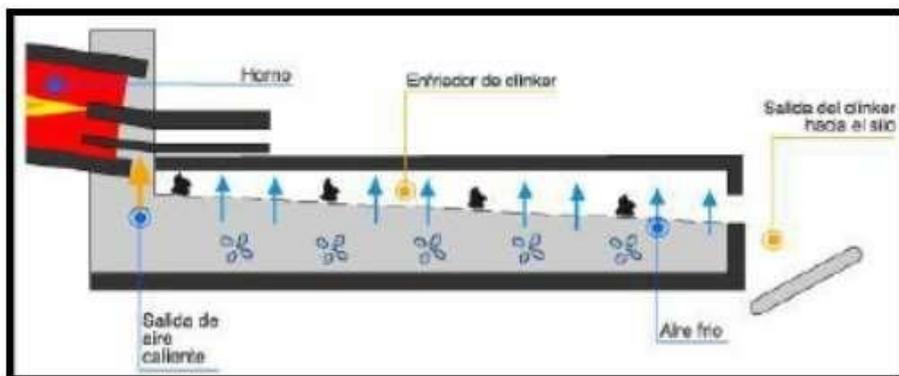


Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Gráfico 6 Cocción de las materias primas

➤ **Fabricación de Clinker – Enfriado.**

A la salida del horno, el Clinker se introduce en el enfriador, que inyecta aire frío del exterior para reducir su temperatura de los 1,400 °C a los 100 °C. El aire caliente generado en este dispositivo se introduce nuevamente en el horno para favorecer la combustión, mejorando así la eficiencia energética del proceso.



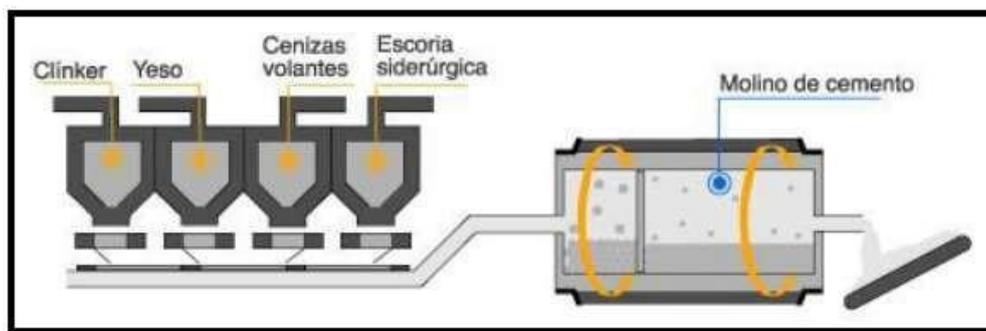
Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Gráfico 7 Enfriado del Clinker

➤ Molienda del Clinker

Una vez obtenido, el Clinker se mezcla con yeso y adiciones, en proporciones adecuadas, dentro de un molino de cemento. En su interior, los materiales se muelen, se mezclan y homogeneizan.

Los molinos pueden ser de rodillos (horizontales y verticales) y de bolas. Este último consiste en un gran tubo que rota sobre sí mismo y que contiene bolas de acero en su interior. Gracias a la rotación del molino, las bolas colisionan entre sí, triturando el Clinker y las adiciones hasta lograr un polvo fino y homogéneo, el cemento.

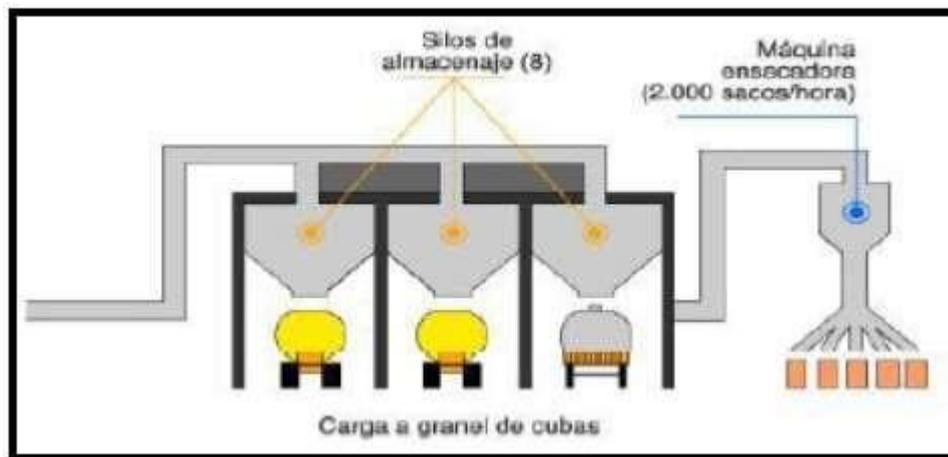


Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Gráfico 8 Molienda del Clinker

➤ Expedición

Por último, el cemento se almacena en silos, separado según sus clases, antes de ser descargado en un camión cisterna para su transporte por carretera o ferrocarril.



Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Gráfico 9 Expedición del Clinker

Los componentes químicos del cemento Portland se expresa en porcentaje de óxidos que contienen. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de estos del 95% al 97%, aproximadamente. En pequeñas cantidades, también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos:

OXIDO COMPONENTE	PORCENTAJE TIPICO	ABREVIATURA
CaO	62.5% - 64.5%	C
SiO ₂	19% - 22%	S
Al ₂ O ₃	4% - 6%	A
Fe ₂ O ₃	3% - 3.5%	F
SO ₃	2.3% - 2.6%	
MgO	0.9% - 2.9	

Fuente: Boletín ASOCEM "Química del cemento".

Gráfico 10 Componentes químicos del cemento

Los compuestos químicos formados por la combinación de los óxidos entre sí por la cocción a altas temperaturas y forman productos complejos. Los principales compuestos que constituyen, aproximadamente, el 95% del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios.

DESIGNACION	FORMULA	ABREVIATURA	PORCENTAJE
Silicato tricalcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C3S	48% - 52%
Silicato dicalcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C2S	17% - 27%
Aluminato tricalcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	C3A	6% - 10%
Ferro aluminato tetracalcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{FeO}_3$	C4AF	9% - 11%

Fuente: Boletín ASOCEM "Química del cemento".

Gráfico 11 Componentes químicos secundarios del cemento

Las propiedades de los compuestos principales son: **Silicato Tricalcico (C3S)** Es el más importante de los compuestos del cemento. Determina la rapidez o velocidad de fraguado. Precisa la resistencia inicial del cemento. Importancia en el calor de hidratación de los cementos. Contribuye a una buena estabilidad de volumen. Contribuye a la resistencia al intemperismo.

Silicato Dicálcico (C2S) Es el segundo en importancia. Endurece con lentitud y Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento). El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr. Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S. Su contribución a la estabilidad de volumen es regular.

Aluminato Tricalcico (C3A) Es el primero en hidratarse. O sea, fragua con mucha rapidez (hidratación violenta). Posee poca resistencia mecánica (no incide en la resistencia a la compresión). Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo). Posee mala estabilidad de volumen. Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos. Calor de hidratación equivalente a 207 cal/gr.

Ferro Aluminato Tetra cálcico (C4AF) Tiene relativa trascendencia en la velocidad de hidratación (es relativamente rápida). El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado). En la resistencia mecánica, no está definida su influencia. La estabilidad de volumen es mala.

El Silicato Tricalcico (C3S) y el Silicato Dicálcico (C2S) ambos constituyen el 75% del cemento. Por lo que la resistencia mecánica se debe a estos dos compuestos.

Composición del cemento Portland Obtención caliza (carbonato de calcio CaCO_3) La caliza es una roca sedimentaria menos compacta que el mármol, compuesta, en su mayoría, por carbonato cálcico. Es muy abundante y su origen puede ser orgánico o químico. Otros componentes presentes en su composición son el óxido de hierro, fósiles y otros minerales. Estos componentes son necesarios para la formación del clínquer en las etapas posteriores.

Para obtener la caliza, existen diferentes métodos de extracción, ya sea a tajo abierto (sobre el manto terrestre), o como también por métodos subterráneos. Este último método es escaso y costoso, pero a diferencia del otro método (a tajo abierto), la caliza extraída es más pura, siendo de mejor calidad.

La caliza es la roca más importante en la fabricación del cemento proporcionando el óxido de calcio (CaO).

Arcillas (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) La arcilla es un mineral procedente de la descomposición de rocas que contienen feldespato por ejemplo granito, originada en un proceso natural que demora decenas de miles de años. Físicamente se considera un coloide de partícula extremadamente pequeña y superficie lisa. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Se caracteriza por adquirir plasticidad al mezclarla con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800°C .

Las arcillas se forman esencialmente por sílice, por alúmina y por hierro. Su contenido es variable de una arcilla a otra. Las arcillas utilizadas están constituidas generalmente por varios minerales en proporciones variables. La arcilla proporciona SiO_2 y Al_2O_3 .

➤ **Yeso**

Piedra natural, muy suave, de color blanco y rica en sulfatos de calcio que, en pequeña proporción, se adiciona en la fabricación del cemento para que actúe como retardador de fraguado.

➤ **Correctores**

Muchas veces es necesario equilibrar determinados componentes (óxidos) empleando otros materiales que contengan el óxido que se desea corregir.

2.2.11. Tipos de cemento y sus aplicaciones.

➤ Sin adición.

Según la Norma técnica peruana NTP 334.009 los cementos Portland están clasificados de acuerdo con sus propiedades específicas y son:

Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.

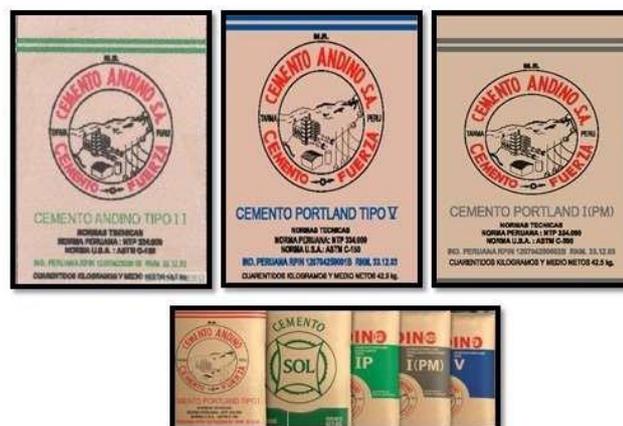
Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

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

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

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

Algunos cementos son denominados con un tipo de clasificación combinada, como Tipo I/II, indicando que el cemento reúne los requisitos de los tipos señalados y es ofrecido como adecuado para uso cuando cualquiera de los dos tipos es deseado.



Fuente: <https://www.universidadperu.com/empresas/marca/20129497077->

Gráfico 12 Tipos de cemento

➤ **Con adición.**

Cementos de especificaciones de la Performance (NTP 334.082): cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación. Sus tipos son:

GU: De uso general. Se usa para cuando no se requiera propiedades Especiales.

HH: De alta resistencia inicial.

MS: De moderada resistencia a los sulfatos.

HS: De alta resistencia a los Sulfatos.

MH: De moderado calor de hidratación.

Enfriamiento del Clinquer.

El clinquer sale del horno rotatorio en forma de granos pétreos, menudos, de color verde (característico del cemento blanco) a una temperatura de 1100 a 1200 °C, este calor se reduce en un recinto llamado enfriador. La descarga del horno se produce en forma continua, experimentando un enfriamiento (de 1000 a 100°C) que debe ser rápido, utilizándose para ello sistemas como enfriadores de tambor, enfriadores satélites, etc. Que mediante corrientes de agua absorben la energía calorífica de la pared del refrigerador por conducción.

Si el clinquer formado en el proceso de sinterización se enfría lentamente, puede invertirse el sentido de las reacciones. El clinquer consta esencialmente de cuatro (4) principales minerales señalados en la siguiente tabla:

El contenido en C4AF debería tender a cero en un clinquer de cemento blanco. Este ferrito y el aluminato, se denominan "Fundentes", y son los que funden a temperaturas más bajas, por lo que al casi no aparecer en la composición del cemento blanco hace necesario elevar la

temperatura de cocción (fusión), para formar el clínker blanco. Se suelen añadir otros compuestos que actúen como fundentes, que son guardados celosamente por las cementeras.

2.2.12. Propiedades físicas y mecánicas de los cementos

Las propiedades físicas más importantes del cemento son:

Finura o fineza

Se refiere al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie, y sus unidades están en m^2/Kg . Se determina mediante los siguientes ensayos: Importancia de la propiedad: A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen.

Peso específico

Se refiere al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm^3 . Se determina mediante el siguiente ensayo: Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005) Importancia de la propiedad: Usado en diseño de mezclas de concreto.

Tiempo de fraguado

Se denomina el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta, se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de fraguado Inicial y El tiempo de fraguado Final. Se determina mediante los siguientes ensayos

Importancia de la propiedad: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

Estabilidad de volumen

Representa la verificación de los cambios volumétricos por la presencia de agentes expansivos, se expresa en %. Se determina mediante el siguiente ensayo: Ensayo de Autoclave: NTP (334.004)

Resistencia a la compresión

Mide la capacidad mecánica del cemento, se expresa en Kg/ cm ². Se determina mediante el siguiente ensayo: Ensayo de compresión en probetas cemento-arena normalizada (NTP 334.051) Se ensaya a diferentes edades: 1, 3, 7, 14, y 28 días. Importancia de la propiedad: Es una de las más importantes de las propiedades ya que decide la calidad de los cementos.

Granulometría

Normas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33 La importancia de la granulometría de los agregados radica, en que de estos dependerán las propiedades de los diferentes tipos de concreto, mayor estabilidad volumétrica, resistencia, y por esto conviene que los agregados ocupen la mayor masa del concreto, compatible con la trabajabilidad

REQUERIMIENTOS DE GRANULOMETRÍA PARA AGREGADOS FINOS	
Malla	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 - 100
2.36 mm (N°8)	80 - 100
1.18 mm (N°16)	50 - 85
600 μm (N°30)	25 - 60
300 μm (N°50)	10 - 30
150 μm (N°100)	2 - 10

Fuente: <https://www.emaze.com/@ATQWLQQ/Unttled>

Gráfico 13 Requisitos de Granulometría para agregados finos

Se permite el uso que no cumplan con las gradaciones específicas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concretos con la calidad requerida.

La granulometría es la determinación más corriente y una de las más importantes que se realizan al agregado; y representa la distribución de los tamaños que posee el mismo.

La norma NTP 400.012 establece el procedimiento para efectuar el tamizado y determinar la granulometría de los áridos de densidad real normal.

La granulometría permite también obtener el módulo de finura del agregado y su expresión gráfica representada por la curva granulométrica.

Para determinar la granulometría del agregado se considera la masa de una muestra de ensayo; se tamiza la muestra e determina la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Se calculan los porcentajes parciales retenidos y se expresa la granulometría.

2.2.13. Agregado Fino y Agregado Grueso

Aunque hay varias formas de clasificar a los agregados, uno de los más comunes es el que los separa en agregados gruesos y finos, dependiendo del diámetro medio de sus partículas. Si se usa una malla del número 4 (4.75 milímetros), lo que se queda retenido en la malla son agregados gruesos; lo que pasa esta malla (pero que es retenido en una malla del número 200, de 0.075 milímetros) son los agregados finos.

Agregado Fino

Módulo de fineza

Norma: NTP 400.012 Granulometrías que tengan iguales módulos de fineza independientemente, de la gradación de sus partículas requieren la misma cantidad de agua para obtener similares propiedades de trabajabilidad y resistencia. Se calcula de la siguiente manera:

$$M. F = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

Fuente: <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2010/10/14/la-granulometria/>

Gráfico 14 Módulo de Fineza del Agregado Fino

Según la Norma ASTM, la arena debe tener un módulo de fineza no menor

de 2.3 ni mayor que 3.1.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

Peso unitario Suelto (PUS)

Normas: NTP 400.017 – ASTM C29 Se denomina PUS cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una carilla. El concepto PUS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto. Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir para conocer el consumo de áridos por metro cúbico de hormigón.

Peso unitario Compactado (PUC)

Normas: NTP 400.017 – ASTM C29

Se denomina PUC cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. El PUC es importante desde el punto de vista de diseño de mezclas ya que con él se determina el volumen absoluto de los agregados por cuanto estos van a estar sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del hormigón. Este valor se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que estén sujetos a acomodamiento o asentamiento provocados por él, tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo. También el valor del peso unitario compactado, es de una utilidad extraordinaria para el cálculo de por ciento de vacíos de los materiales.

Peso unitario Compactado (PUC)

Normas: NTP 400.022 – ASTM C128

Peso específico (densidad) aparente. –

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

Peso específico (densidad) masa. - Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Peso específico (densidad) de masa saturado superficialmente seco. - Es lo mismo que peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables

Contenido de humedad

Normas: NTP 339.185 – ASTM C566 Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

Agregado Grueso.

Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (No. 4) proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.012.

Granulometría.

Normas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33 La granulometría se realizó de acuerdo con las normas mencionadas y con los siguientes tamices 1'', ¾'', ½'', 3/8'', y ¼''. La tabla 7 representa los requisitos para los agregados gruesos.

Requisitos de Granulometría para agregados gruesos

Módulo de Fineza

Norma: NTP 400.012 El módulo de fineza es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura. El módulo de fineza del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto. Se calcula de la siguiente manera:

$$M.F = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado } (1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', 1/4'')}{100}$$

Fuente: <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2010/10/14/la-granulometria/>

Gráfico 15 Módulo de Fineza del Agregado Grueso

Peso unitario Suelto (PUS)

Norma: NTP 400.017 – ASTM C29 El procedimiento es el seguido por la norma mencionada, para la piedra usamos un recipiente metálico de 1/3 pie³, ya que el TMN del agregado grueso es de 3/4''.

Peso unitario Compactado (PUC)

Normas: NTP 400.017 – ASTM C29 El procedimiento es el seguido por la norma mencionada, para la piedra usamos un recipiente metálico de 1/3 pie³, ya que el TMN del agregado grueso es de 3/4''.

Peso Específico y Porcentaje de Absorción

Normas: NTP 400.022 – ASTM C128 Se calcula siguiendo los pasos de la norma en mención, se usa con ciertos cálculos para Proporcionamiento de mezcla y control, por ejemplo, en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Ciertos agregados porosos exhiben deterioro acelerado a la congelación- deshielo.

Contenido de humedad

Normas: NTP 339.185 – ASTM C566 Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

Propiedades físicas de los agregados

Generalidades

La calidad de un concreto es un factor determinante en la seguridad de una estructura, pero esta no se obtiene únicamente con un concreto diseño de mezcla para una obra, un eficiente mezclado y colocación, porque aun cumpliendo con estos, los resultados de laboratorio muestran variaciones considerables en la resistencia de un concreto hecho bajo un mismo diseño.

Se considera que los agregados constituyen del 70% al 80% del volumen del concreto, se puede deducir que las variaciones de calidad en el tiempo de estos afectan en gran medida las propiedades finales del concreto.

Basados en las normas técnicas peruanas e internacionales NTP y ASTM, se evaluarán las propiedades de los agregados para concreto, con lo que se determinara si estos se mantienen dentro de los límites aceptables.

Tipo y procedencia de los materiales

El agregado fino es arena gruesa y proviene de la cantera de CHULLQUI-Santa María Del Valle Provincia de Huánuco departamento de Huánuco.



Gráfico 16 Agregado Finos y Gruesos

2.2.14. Agua.

Conceptos generales

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento).

Requisitos de calidad

El agua empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos

de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites.

DESCRIPCION	LIMITES PERMISIBLES		
sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ion CL-)	1000	ppm	Máximo
PH	5 a 8		Máximo

Fuente: Norma NTP 339.088

Gráfico 17 Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Recomendaciones adicionales:

Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de hierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm. El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio. Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión. La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que se ha utilizado en la preparación del concreto el agua de la fuente elegida

2.2.15. ENSAYOS Y PRUEBAS DEL CONCRETO.

CONSISTENCIA NORMAL

Normas: NTP 339.035 – ASTM C143

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “Slump test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba, desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldado.

El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” o sea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla.

El equipo necesario para el ensayo, consiste en un tronco de cono. Los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm.

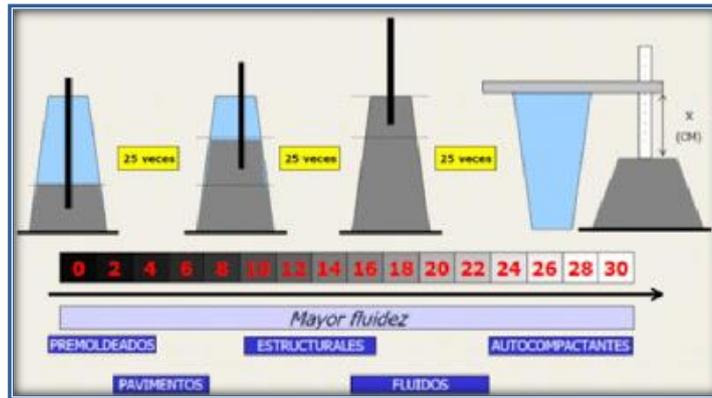
El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con una varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=4oe3Nw3Jty8>

Gráfico 18 Vertimiento del concreto hasta un tercio

En seguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inferior. La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta -lenta y cuidadosamente en dirección vertical.

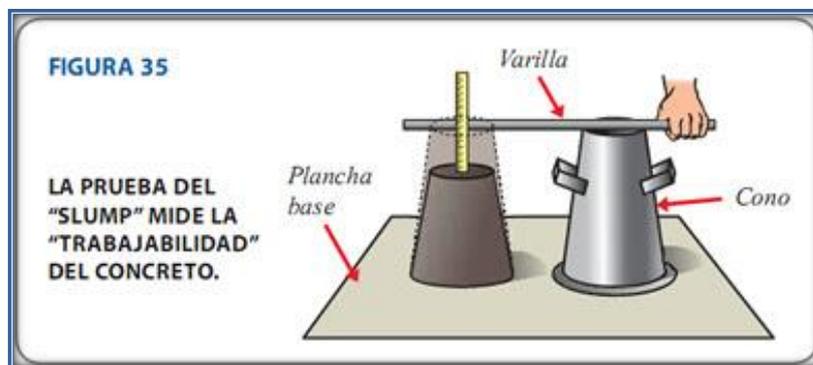


Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=4oe3Nw3Jty8>

Gráfico 19 Vertimiento del concreto terminado para la determinación del asentamiento

El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina **Slump**.

Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 02 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=4oe3Nw3Jty8>

Gráfico 20 Medición del Slump para determinar el asentamiento

Cuadro 1 Especificaciones del concreto (Sánchez de Guzmán, 1996).

Especificaciones del concreto	
a)	Máximo y mínimo asentamiento
b)	Tamaño máximo y tamaño nominal del agregado
c)	Contenido mínimo de aire incluido, mejorar la durabilidad en ciertos climas
d)	Resistencia a la compresión mínima necesaria, por las condiciones estructurales
e)	Resistencia mínima de sobre diseño
f)	Relación máxima de agua cemento y/o contenido mínimo de cemento
g)	Máximo contenido de cemento para evitar el agrietamiento por exceso de temperatura en concreto masivo
h)	Máximo contenido de cemento para evitar el agrietamiento por contracción en condiciones de baja humedad
i)	Tipos especiales de cemento y agregados
j)	Peso unitario mínimo para presas de gravedad y estructuras similares
k)	Uso de aditivos

PESO UNITARIO.

Normas: NTP 339.046 –ASTM C138.

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2,240 y 2,400 Kg por metro cubico (Kg/m³). El peso unitario (DENSIDAD) del concreto varia, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y cemento, mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado.

Para el diseño de estructuras del concreto convencional y de las barras de refuerzo pesa 2400 Kg/m³. Además del concreto convencional, existe una

amplia variedad de otros concretos para hacer frente a diversas necesidades, variando desde concretos aisladores ligeros con pesos unitarios de 240 kg/m³, que se emplean para contrapesos o para blindajes contra radiaciones.

El peso unitario del concreto se emplea principalmente para:

- Determinar o comprobar el rendimiento de la mezcla.
- Determinar el contenido de materiales (cemento, agua y agregados) por metro cúbico de concreto, así como el contenido de aire.
- Formarnos una idea de la calidad del concreto y de su grado de compactación.
- El concreto convencional tiene un peso unitario dentro del rango de 2240 y 2400 kg/m³.

El peso unitario del concreto se calcula como:

Fórmula: Peso unitario del concreto (kg/m³)

$$\text{P. U. CONCRETO FRESCO} = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Fuente: Pasquel, E. (1999).

Cuando las mezclas de concreto experimentan incremento de aire, disminuye en el peso unitario.

Según Pasquel el control del peso unitario es muy útil para verificar la uniformidad del concreto y comprobar el rendimiento de la mezcla al comparar el peso unitario del diseño con el real de la obra.

Al depender el peso unitario del diseño teórico de la exactitud con que se hayan determinado las características físicas de los ingredientes, usualmente existe alguna diferencia entre éste y el real, que se cuantifica como el cociente del teórico entre el práctico. Mientras el valor este dentro del rango 0.98 a 1.02, el rendimiento es aceptable y no conviene hacer correcciones a las proporciones hasta obtener un valor estable, en cuyo

caso por una regla de 3, se recalculan las proporciones para obtener 1 m³.
(Pasquel E., 1999).

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C.

Normas: NTP 339.034 – ASTM C39.

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia a la compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura).

La resistencia a la compresión de un concreto (f'c) debe ser alcanzado a los 28 días, después del vaciado y realizado el curado respectivo.

Equipo en obra:

Moldes cilíndricos, cuya longitud es el doble de su diámetro (6' x12") o(4' x8").

Barra compactadora de acero liso. De 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud. La barra será terminada en forma de semiesfera.

Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería. Aceites derivados de petróleo, como grasa mineral blanca.

Los moldes deben ser de material impermeable, no absorbente y no reactivo con el cemento. Los moldes normalizados se construyen de acero. Eventualmente se utilizan de material plástico duro, de hojalata y de cartón parafinado.



Gráfico 21 Ensayo de resistencia a la compresión.

DUARABILIDAD DEL CONCRETO

Aunque la resistencia a la compresión del concreto es una de su característica más importante en estado endurecido, existen otros aspectos que en un momento dado pueden ser más importantes. Entre ellos, el principal es su durabilidad, que está estrechamente relacionada con las condiciones de exposición al medio ambiente, el cual puede generar deterioro por causas físicas, químicas o mecánicas. De otra parte, puede haber causas internas, tales como la permeabilidad, materiales constituyentes o cambios de volumen debidos a diferencias en propiedades térmicas. A continuación, se explican algunos de ellos

que son objeto de la investigación (Sánchez de Guzmán, 1996).

PERMEABILIDAD

La permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atravesase sin afectar su estructura interna (agua, aire, vapor de agua o iones) a causa de una diferencia de presión entre las dos superficies opuestas del material, la permeabilidad está determinada por el caudal filtrado de acuerdo con la ley de Darcy, en la cual el flujo es laminar y permanente (Sánchez de Guzmán, 1996).

La permeabilidad del concreto depende de la porosidad de la pasta de cemento y de la porosidad de los agregados, así como de los vacíos causados por una compactación deficiente o por los capilares dejados por el agua de exudación. En el caso de relaciones A/C bajas y con un grado creciente de hidratación del cemento, el volumen de poros grandes se reduce y causa, por lo tanto, una reducción en la permeabilidad de la pasta de cemento endurecida.

En general los concretos permeables o con fisuras que se extienden hacia adentro de la superficie del concreto, contribuyen a la corrosión, ya que se puede proporcionar entrada a la humedad, al aire o a diversos agentes contaminantes. Igualmente ocurre si el concreto ha sido deteriorado por la acción del humedecimiento-secado, congelamiento y deshielo, la acción de ácidos o sulfatos, carbonatación, o cualquier otra cosa que lo haya agrietado y debilitado. En el caso de la carbonatación, adicionalmente a la contracción por secado también puede reducirse la alcalinidad del concreto y por lo tanto reducir su eficacia como medio protector del acero de refuerzo, u otros metales embebidos en él.

TEMPERATURA.

Norma NTP: 339.184 – ASTM C1064.

En condiciones extremas de calor o frío, el concreto debe ser: Manejado, colocado, compactado, acabado y curado cuidadosamente. Las condiciones extremas de calor o frío principalmente causan problemas de agrietamiento.

En el momento de la hidratación de la pasta de concreto, se forman en la superficie de sus granos cristales microscópicos que crecen entrelazándose y después se engranan como los dientes de un cierre.

Mientras más dura la reacción, más cristales se forman. De allí resulta la pasta de cemento endurecida, la cual recubre los agregados.

Cuanto más elevada es la temperatura durante este proceso de endurecimiento, más rápida es la formación de cristales, lo que, que al principio es positivo para el desarrollo de la resistencia a la compresión. Pero

debido a que los productos reaccionantes tienen una estructura poco ordenada, la pasta de concreto se vuelve más porosa y la resistencia a la compresión a 28 días se debilita cada vez más que con un concreto fresco, que se endurece aproximadamente 20°C. Es por eso que la pérdida de resistencia a 28 días es más de 10 por ciento cuando la temperatura del concreto fresco y la temperatura de endurecimiento pasan de 20 a 30°C.

En clima frío, el agua congelada o muy fría demora el tiempo de fraguado, lo que puede causar costosos retrasos.

El concreto a muy bajas temperaturas el agua se convierte en hielo. Se expande y puede agrietar el concreto endurecido. Para evitar esto se podría mantener todos los materiales calientes, cubrir el encofrado para mantenerlos libres del frío, usar aditivos aceleradores de fragua, mantener el concreto por encima de los 10°C los primeros días, curar el concreto cuidadosamente para mantenerlo tibio, se podría usar aditivo incluso de aire para prolongar durabilidad a largo plazo.

TIEMPO DE FRAGUADO.

Normas: NTP 334.006 – ASTM C 191.

Fraguado y endurecimiento: El fraguado se refiere al paso en una pasta o mezcla, del estado fluido al rígido, esto suele malinterpretarse con el endurecimiento que es solo la ganancia de resistencia de la pasta o mezcla. Vemos dos tiempos de fraguados en el proceso en general:

Fraguado inicial: Tiempo que pasa desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta que pierde fluidez y deja de ser plástica.

Fraguado final: Desde que termina el fraguado inicial hasta que comienza a ganar cierta resistencia (endurecimiento). Cuando el cemento entra en contacto con el agua inician las reacciones químicas en las cuales el cemento se transforma en un enlazante, en otras palabras, con el paso del tiempo producen una masa firme y dura que envuelve a los componentes de la mezcla y los mantiene juntos.

Después del TFI no es recomendable colocar el concreto, ya que la

resistencia del concreto tiende a disminuir.

El TFI del concreto convencional en Lima es de 150 minutos, al tener un clima templado, pero en ciudades donde la temperatura es mayor como Piura el TFI disminuye y por el contrario, en ciudades donde la temperatura es menor como Huancayo TFI aumenta.

El Tiempo de fraguado inicial y final tiene una transcendencia primordial en obra, ya que dará la pauta del tiempo que se dispone en el proceso constructivo para las operaciones de colocación y acabado.

Algunos factores que se ven involucrados en los tiempos de fragua son:

Relación de agua/cemento: entre más líquida sea la pasta más tardará el tiempo de fraguado pues es muy fluida y tardará su tiempo en perder esa fluidez.

Temperatura ambiente: entre más alta sea la temperatura más rápido se secará el agua de la pasta y perderá el componente que le da fluidez.
Humedad relativa: si la saturación de humedad es baja, el ambiente intentará quitarle humedad a la pasta y se secará más rápido.

Finura del cemento: el grado de finura afecta de manera que se necesita más agua para hidratar todas las partículas.

Es posible que se den 2 tipos diferentes de fenómenos durante el proceso de fraguado:

Fraguado relámpago: hay fraguado relámpago cuando la mezcla se vuelve rígida de manera muy rápida perdiendo toda su plasticidad sin poder recuperarla, esto se da debida a una deficiencia de yeso en la mezcla de cemento.

Fraguado falso: la pasta se vuelve rígida en los primeros 10 minutos después de mezclado, pero no pierde plasticidad, puede volver a ser fluida solo con batirla sin añadir agua, aunque puede perder un poco de la resistencia final, esto se produce posiblemente por malas condiciones de almacenamiento o la mezcla del yeso con Clinker caliente en la elaboración del cemento.

TRABAJABILIDAD.

Normas: NTP 339.035/339.114 – ASTM C143/C94.

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas de proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido en la masa.

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente, ni exudarse durante estas operaciones. La exudación es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales Sólidos – cemento, arena y piedra dentro de la masa.

Debido a la tendencia del concreto recién mezclado a segregarse y exudar, es importante transportar y colocar cada carga lo más cerca posible de su posición final. El aire incluido mejora la trabajabilidad y reduce la tendencia del concreto fresco de segregarse y exudar.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad. Por lo general la trabajabilidad se ha medido por muchos años con el método del “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto.

GRADO DE TRABAJABILIDAD	REVENIMIENTO		USO CONVENIENTE DEL CONCRETO
	mm	in	
Muy baja	0 - 25	0 - 1	En caminos vibrados por maquinarias de poder. En el final mas trabajable de este grupo, el concreto se puede compactarse en ciertos con maquinas manuales.
Baja	25 - 50	.1 - 2	En caminos vibrados con maquinas manuales. En el final mas trabajable de este grupo, el concreto se puede compactar manualmente en caminos usando agregado de forma redonda o irregular. Cimentaciones de concreto en masa sin vibracion o secciones reforzadas ligeramente con vibracion.
Media	50 - 100	.2 - 4	En el final menos trabajable de este grupo, se encuentran las losas planas compactadas manualmente que usan agregados triturados, concreto reforzado normal, compactado manualmente y secciones muy reforzadas con vibracion
Alta	100 - 75	.4 - 7	Para secciones con refuerzo aglomerado. Normalmente no es adecuado para ser vibrado

Gráfico 22 Trabajabilidad y revenimiento de concretos

2.2.16. LLANTA DE CAUCHO

COMPOSICION DE LAS LLANTAS

Las llantas están compuestas de una gran cantidad de materiales, fundamentalmente de caucho natural su principal componente 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. La Tabla 1 presenta la composición porcentual típica de las llantas.

Cuadro 2 Composición típica de llantas

Material	composición (%)	
	Automoviles	Camiones
Caucho natural	14	27
Caucho sintetico	27	14
Rellenos Reforzantes	28	28
Acero	14	15
Antioxidantes y rellenos	17	16

Tabla 1.



En la Imagen se Observa llantas recicladas.

Gráfico 23 Reciclado de llantas de caucho

PROCESO DE TRITURACION DE LOS NEUMATICOS RECICLADOS

El objetivo del proceso de trituración consiste en reducir el tamaño de las llantas a través de máquinas trituradoras con el fin de separar el caucho de elementos como el acero y los textiles, este grano de caucho triturado se puede emplear para la elaboración de nuevos productos. Actualmente se encuentran dos métodos de trituración que son la trituración mecánica y la trituración criogénica.

➤ **TRITURACION MECANICA**

La trituración mecánica emplea cuchillas para desmenuzar las llantas; por lo general este tipo de trituración se realiza en cascada, es decir, se trituran paulatinamente las llantas hasta alcanzar el tamaño mínimo requerido (ver Figura 1) y luego se emplean clasificadores neumáticos y magnéticos para separar el textil y el acero presentes. 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 (Tomado de www.mundolimpio.com).



Gráfico 24 Tamaños de grano de caucho triturado en el mercado.

➤ TRITURACION CRIOGENICA

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 (Tomado de www.dama.com).

La trituración mecánica de las llantas o la criogenia, y la posterior trituración son prácticas comunes en los países desarrollados desde hace más de cincuenta años. El caucho granulado proveniente de estos procesos llega a tener diámetros que oscilan entre 0.6 mm y 2.36 mm, estas partículas no son tóxicas y son libres de fibra y acero, como se observa en la Figura 2 (MUNDOLIMPIO S.A, 2007).



Gráfico 25 Caucho granulado tomado de www.mundolimpio.com.co.

Para la investigación se contactó a la Empresa Líder Grass Perú, que se encuentra en la ciudad de Lima Jr. Jorge Chávez N°977 – Dpto: 808 donde realiza ventas de caucho granular para darle un nuevo uso entre los cuales están: sustrato para jardinería, superficies seguras para parques de diversión (elementos de protección), caucho pulverizado o granulado que sirven como aditivos a carreteras ecológicas y aplicaciones de ingeniería como son materiales compresibles para juntas de dilatación. El proceso de transformación del caucho realizado por empresa Extranjera Mexicana es el siguiente:

a). Desgarradora de llantas – acero: Extrae el aro de acero de la llanta, obteniendo un acero que es nuevamente aprovechado en las siderúrgicas.

b). 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.

c). Pre-granulador o Rasper: 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.

d). 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.

e). 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.

f). 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.

APLICACIONES ACTUALES DE NEUMATICOS USADOS

Las practicas no sustentables para el manejo de llantas usadas es el principal impulsor de los llamados combustibles alternos (CA), para sustituir el uso de combustibles convencionales en hornos de cemento, reemplazar los combustibles fósiles tradicionales con CA reduce las emisiones totales de dióxido de carbono CO₂ dado que, a través de los métodos habituales de disposición, muchos de los CA generan emisiones de CO₂ con contenidos de biomasa que son consideradas como “de emisión neutra de carbono”, de esta forma se han venido experimentando en los hornos de cemento el uso de materiales como los CA y de esta manera evitar la producción y liberación de gas metano.

Otra forma de utilización muy común y que actualmente se le está dando a las llantas usadas trituradas provenientes de procesos mecánicos o criogénicos es su adición al pavimento asfáltico tradicional. La incorporación del grano de caucho reciclado (GCR) en las mezclas asfálticas ha sido de buena aceptabilidad desde hace algunas décadas en muchos países por los buenos resultados en el desempeño de los pavimentos asfálticos.

Existen tres maneras básicas de emplear las llantas trituradas libres de acero y textiles en asfaltos modificados:

- Asfalto modificado convencional: La fabricación de este tipo de asfalto consiste en mezclar el caucho con el tamaño de partícula apropiado junto con los demás agregados antes de adicionar el asfalto, y se conoce tradicionalmente como asfalto modificado por vía seca.
- Asfalto químicamente modificado: Consiste en mezclar el caucho directamente con el pavimento (ligante), con lo cual se consigue una mayor homogeneidad.
- Uso como relleno de capa asfáltica: El uso de las llantas trituradas como relleno en la capa asfáltica junto con el “recebo” es una aplicación ampliamente extendida ya que mejora las propiedades de flexibilidad e

impermeabilidad de la capa.

- Insonorizante en autopistas: las llantas son trituradas y empacadas en láminas ya sea de polímeros reciclados o láminas metálicas para instalar las barreras según la geometría y la distribución requerida.

APLICACIONES DE RESIDUOS DE LLANTAS DE CAUCHO EN EL MUNDO.

Diversos proyectos se han realizado con la finalidad de dar un uso a éstos residuos y tratar de eliminar su diseminación en los entornos urbanos y rurales. Dichas investigaciones han sido más prolíficas durante los últimos 8 años, principalmente en Asia y Europa y en menor escala en América. A continuación, se hace una breve reseña de algunos proyectos que utilizan residuos de llantas de caucho.

PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO MODIFICADO CON CAUCHO

La fácil adaptabilidad del concreto ordinario a una amplia variedad de usos y aplicaciones lo ha convertido en un verdadero medio universal de construcción, pues ha demostrado tener una versatilidad ajena a cualquier otro material, y tiene la ventaja adicional de que se puede elaborar con componentes que en su mayoría están disponibles localmente (Sánchez De Guzmán, 1996).

Los últimos años las investigaciones para concreto modificado con adición de caucho se han venido realizando en diferentes países (Portugal, España, Venezuela Estados Unidos y Colombia entre otros), concentrando su atención en las propiedades mecánicas y de durabilidad para ser utilizado en nuevas tecnologías de construcción, las cuales no requieren resistencias como las de un concreto normal o de alta resistencia ampliando así su variedad en usos y aplicaciones.

Las formas de fabricación de las diferentes muestras para ensayos han variado en porcentajes y tamaños según cada investigación. A nivel internacional se tiene como ejemplos la investigación realizada en Portugal

en donde el caucho fue incorporado al concreto mediante la sustitución en volumen de agregado fino y grueso, con reemplazo de 5, 10 y 15% del volumen total del agregado, este agregado se obtuvo mediante molindas mecánicas y criogénicas para las cuales se hicieron ensayos por separado (Valadares, Bravo & Brito, 2009), posteriormente se hicieron ensayos a la durabilidad con los mismos porcentajes del volumen de agregado (Bravo & Brito 2011) y con los mismos diseños de mezcla. Ensayos realizados en Venezuela en donde el agregado fino y grueso fue reemplazado por caucho en porcentajes del 5%, cambiando el tamaño de este último en fino, grueso y al azar, que era una mezcla de los dos anteriores (Albano, Camacho, Hernández, Bravo & Guevara, 2007), ensayos realizados en España, en donde el agregado fino fue reemplazado por porcentajes de 3.5 y 5% en volumen de caucho (Schultz, Olivares & Bollati, 2004); estudios realizados en Estados Unidos en donde el agregado fino fue reemplazado por grano de caucho, látex sólido y látex líquido y una mezcla de ambos en un 5% (Suk, Lee, Soo & Wook, 1998); investigación realizada en Puerto Rico en donde el agregado grueso fue sustituido en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100% por grano de caucho proveniente de neumáticos (Toutanji, 1996). Estudio realizado en Italia, donde el agregado fino fue reemplazado por partículas de caucho con porcentajes de 0, 15, 30, 50 y 75% (Aiello & Leuzzi, 2010).

A nivel nacional, se han realizado investigaciones de concreto con adición de caucho (Oviedo, Buendía, Ruiz, Gómez & León, 2008), los autores sustituyeron el agregado grueso por tiras de caucho en porcentajes del 5%, 10% y 15%, estas tiras fueron extraídas de la parte lateral de las llantas sin excluir los textiles que poseen estas, los tamaños de estas partículas eran del orden de 50 mm x 4 mm x 2 mm.

Los objetivos principales de estas investigaciones siempre han ido encaminadas a la preservación del medio ambiente con la disminución de llantas y la aplicación de nuevas tecnologías de concretos modificados. A continuación, se muestran algunos de los resultados obtenidos en dichas investigaciones y las conclusiones a que se han llegado por parte de los autores.

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESION

Cuando se habla de propiedades mecánicas en el concreto, se estudia básicamente la resistencia a la compresión, esta es la propiedad más común de desempeño que utilizan los ingenieros para diseñar diferentes tipos de estructuras. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con la resistencia especificada de los proyectos y además permite estimar otros parámetros de diseño tales como módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, resistencia al corte, etc. (IMCYC. 2006)

Para Valadares et al. (2009), los resultados de los ensayos mecánicos evidencian que la resistencia a la compresión es fuertemente afectada y se ve reducida con el aumento de la adición de volumen incorporado de caucho sin importar si este fue molido de forma mecánica o criogénica. Como se observa en la figura 22, la pérdida de resistencia para 5%, 10% y 15% de reemplazo es del orden de 14% 31% y 49% respectivamente, este comportamiento es lógico comparando la diferencia de rigidez entre los agregados de caucho y los agregados minerales; en cuanto a la evolución de la pérdida de resistencia a compresión a largo plazo, en todas las muestras es más pronunciada en edades tempranas, con el transcurrir del tiempo la resistencia propiedad se ve mejorada.

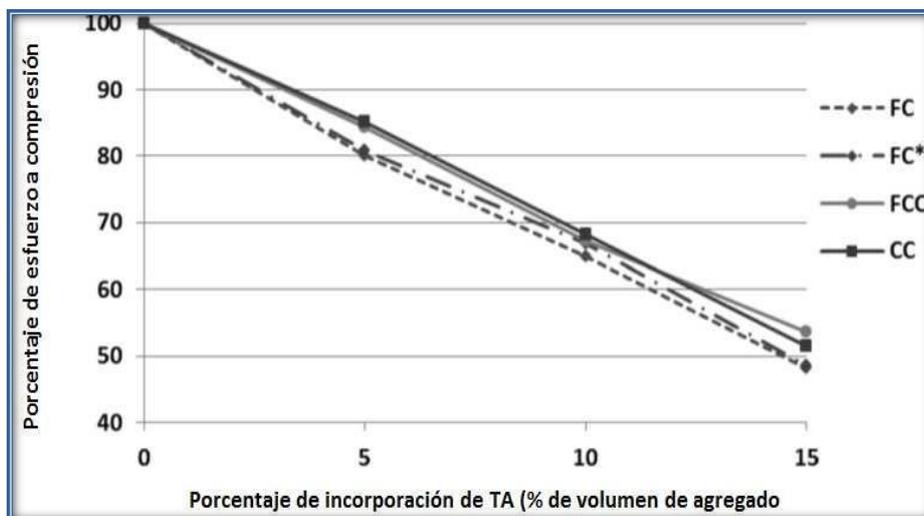


Gráfico 26 Resistencia a la compresión, (Valadares et al, 2009).

De la misma forma, Albano et al. (2007), muestran una disminución de la resistencia a la compresión en las muestras con caucho fino y grueso entre un 26% y un 31% respecto al concreto tradicional; mientras que la disminución a la resistencia en los cilindros con caucho al azar (grueso + fino) solo disminuye en un 8%, como lo muestra la figura 23.

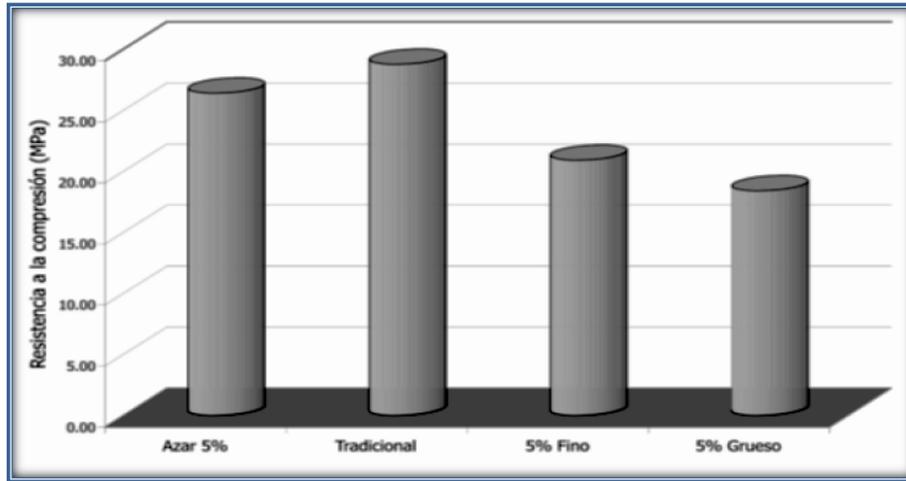


Gráfico 27 Resistencia a compresión, (Albano et al., 2007).

Schultz et al. (2004), presentan resultados similares a los anteriores en donde se observa disminución de la resistencia a la compresión con el aumento de porcentaje de volumen según tabla 01; para el reemplazo sin caucho la resistencia a la compresión es de 36.34 MPa y al adicionar el 3.5% de caucho la resistencia se ve disminuida a 25.97 MPa. En este estudio los autores no presentan resultados para porcentaje de reemplazo del 5%, sin embargo, incluye la columna en la tabla 01.

Cuadro 3 Resistencia a compresión, estudio hecho en España, (Schultz et al., 2004).

Lab. de materiales ETSAM	Mezclas sin caucho	Mezcla con caucho 3,5% volumen	Mezcla con caucho 5% volumen
Resistencia a la compresión (MPa)	36. 34	25. 97	-

Para Suk et al., (1998), la resistencia a la compresión se ve disminuida en un 54.9% con la adición de grano de caucho (SC/R) respecto a la muestra de concreto estándar (SC), certificando los resultados hechos en los países

anteriores; como se puede observar en la figura 24. El análisis de los resultados para los demás tipos de concreto no se realiza teniendo en cuenta que tienen adición de látex en sus mezclas.

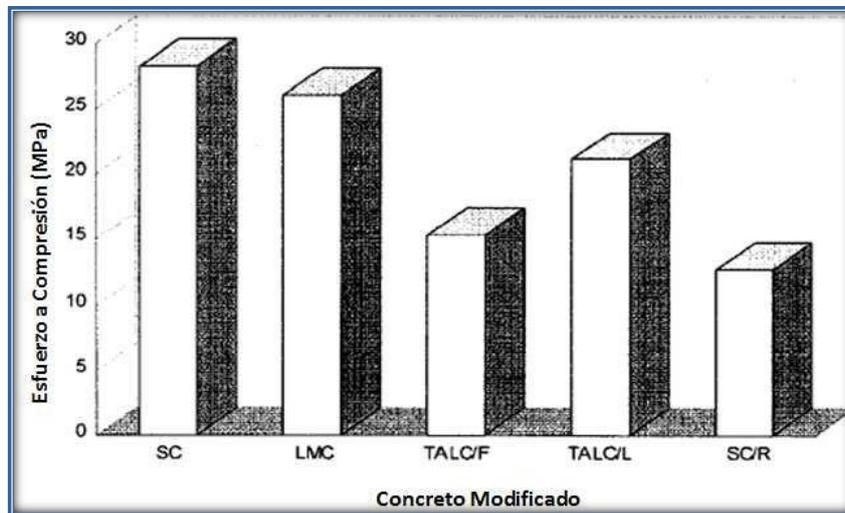


Gráfico 28 Resistencia a la compresión, (Suk et al., 1998).

Según Toutanji (1996), el efecto de la sustitución del agregado grueso por 25%, 50%, 75% y 100% de virutas de caucho produce pérdidas en la resistencia a la compresión de 39%, 56%, 69 y 75% respectivamente, el autor destaca que el comportamiento no es lineal y presenta más bien un comportamiento similar al de una parábola como se observa en la figura 25.

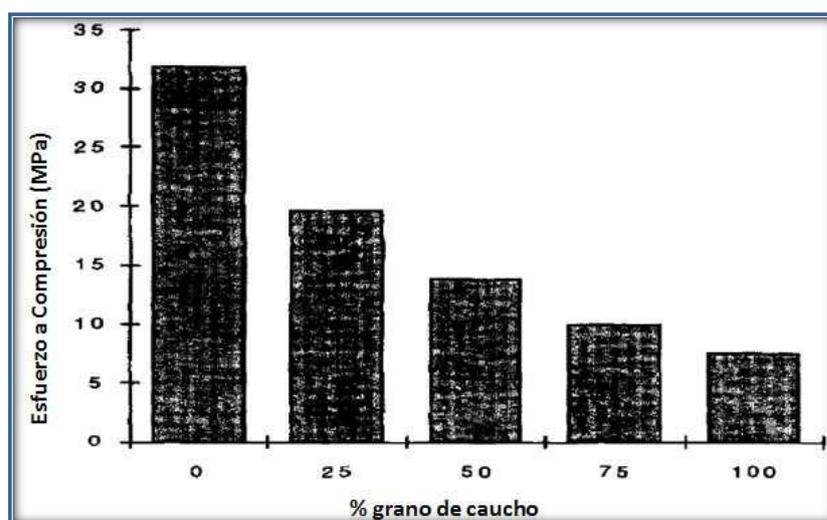


Gráfico 29 Resistencia a la compresión (Toutanji, 1996).

Los autores Oviedo et al. (2008), presentan resultados similares respecto a

los realizados a nivel internacional, en donde la resistencia del concreto a la compresión se ve disminuida con el aumento de porcentaje de adición de caucho que varía de 5%, 10% a 15%; como se puede observar en la figura 26 la disminución de la resistencia es del 11.2%, 17.3% y 38% respectivamente.

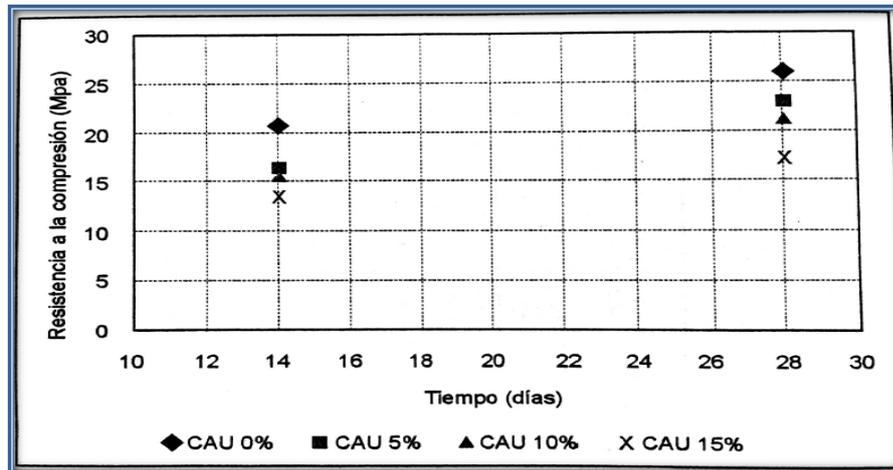


Gráfico 30 Resistencia a la compresión (Oviedo et al., 2008).

Como era de esperar para Aiello & Leuzzi (2010), la resistencia a la compresión disminuyó progresivamente con el aumento de porcentaje de agregado de caucho con valores de 11.6% para muestras con 15% de sustitución y de 37.1% para muestras con 75% de sustitución, como se observa en la tabla 2 estos resultados confirman nuevamente las investigaciones mencionadas anteriores.

Cuadro 4 Resistencia a compresión, (Aiello & Leuzzi, 2010).

Results of compressive tests – fine aggregates replaced by rubber particles.				
No.	Compressive strength ^a (MPa)	COV (%)	St. dev. (MPa)	Decrease (%)
C2	27.11	5.78	±1.57	–
RA2	23.97	1.90	±0.46	11.6
RB2	20.41	1.97	±0.40	24.7
RC2	19.45	6.48	±1.26	28.3
RD2	17.06	3.93	±0.67	37.1

^a Average values of five specimens.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.

Agregados: Material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico (ACI 318S).

Cemento portland: El cemento es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes. (Frederik L., 1988).

Concreto: Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (ACI 318S).

Consistencia normal: La consistencia normal es la cantidad de agua en porcentaje con respecto a la masa de cemento usada (Rivera G., 1992).

Diseño de mezcla: Es dosificar una mezcla de concreto para determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse (Rivera G., 1992).

Dosificación: Relación de agua y material cementante A/C empleado para confeccionar el concreto. E-060, 2006.

Hidratación: Proceso de reacción química del cemento en presencia del agua, la hidratación requiere la presencia de humedad durante el curado E- 060, 2006.

Trituración: el caucho enfriado se corta en las tiras que conformaran la estructura básica del propio neumático. En la fase de triturado, se preparan otros elementos del neumático. Algunos se recubren con otros tipos de caucho.

Llantas de caucho: las llantas son también llamadas en algunos países rines, son las ruedas de los coches que son de caucho siendo las que permiten que la forma redonda de la parte de caucho se mantenga.

Probetas: Muestras para ensayos de forma cilíndrica con una relación de dos veces la altura con relación a la base. ASTM-C39M.

Relación A/C: La relación agua-cemento Es la cantidad de cemento y agua que requerirá el concreto para obtener la dureza y trabajabilidad deseada. E-060, 2006.

Resistencia a la compresión del concreto (f'_c): La resistencia a la compresión es la resistencia que se emplea como control de calidad del cemento. El ensayo se hace preparando un mortero hecho de una parte de cemento y 2,75 partes de agregados naturales, normalizada para el ensayo. (Rivera G., 1992).

Tiempo de fraguado: Fraguado se refiere al paso de la mezcla del estado fluido o plástico al estado sólido (Rivera G., 1992).

Trabajabilidad: La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado-, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue) (Rivera G., 1992).

2.4. HIPÓTESIS.

2.4.1 Hipótesis General.

La adición de residuo de llanta de caucho influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm².

2.4.2 Hipótesis Secundaria.

- El residuo de llantas de caucho influye en la resistencia a la compresión del concreto.
- El residuo de llantas de caucho aumenta la resistencia a la compresión del concreto.
- Un concreto reforzado con residuo de llanta de caucho será técnico-económicamente factible para su empleo.

2.5. VARIABLES.

Las variables para el presente proyecto son:

2.5.1. Variable Independiente.

Residuos de llanta de caucho.

2.5.2. Variable Dependiente.

Resistencia a la compresión del concreto.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES/ INDICADORES	Sub- Dimensiones / Sub Indicadores	Esquema del Marco Teórico
Variable Independiente Residuos de llantas de caucho	Los residuos de llantas de caucho como agregado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto	Propiedad mecánica del concreto que denota la capacidad de resistencia del mismo frente a cargas.	$f'c$ (kg/cm ²)	Composición química establecida Composición mecánica establecida Fuerza / Área	Ensayos del agregado NTP 400.012 Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034 - ASTM C39 Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 – ASTM C143
Variable Dependiente Resistencia a la compresión del concreto	Resistencia específica a la compresión del concreto por medio de los ensayos destructivos establecidos en normas	Características físicas y mecánicas que influyen en el mejoramiento de la resistencia a la compresión	$f'c$ (kg/cm ²)	Asentamiento en el cono de Abrams Peso sobre volumen	Peso unitario y rendimiento NTP 339.046 – ASTM C 138
Variable Interviniente Tiempo	Parámetro que determina la edad del concreto que es proporcional al tiempo.		Días	3,7,14 y 28 días	

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. MATERIALES Y METODOS

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACION

3.1.1.1. Enfoque.

El presente trabajo se clasifica como una investigación **Cuantitativa**, es decir, son datos numéricos que resultan de la condición formal realizados a través de los ensayos en los laboratorios para determinar la resistencia a la compresión del concreto.

De acuerdo en el tema se presenta incógnitas o preguntas de la cual se establece la hipótesis y se determina las variables; posteriormente, se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto (pruebas); se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la hipótesis.

3.1.1.2. Alcance o Niveles

De acuerdo a su nivel de investigación, este trabajo es **EXPLICATIVA** puesto que describe y toma los datos de información tal como están en los libros, tesis y manuales sin alterarlos ni modificarlos.

3.1.1.3. Diseño.

EL diseño de Investigación es EXPERIMENTAL-RETROSPECTIVOS-LONGITUDINAL.

3.1.1.4. Método de Investigación

Experimental.

Es experimental puesto que se hizo uso del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad De Huánuco para sustentar la investigación.

Prospectivos.

Es prospectiva puesto que las pruebas y ensayos determinan la veracidad de la hipótesis general en un futuro cercano.

Longitudinal.

Es longitudinal porque todas las pruebas y ensayos se realizan en laboratorio para obtener las características que sirvieron para diferenciar o asemejar los dos tipos de concretos.

3.1.2. POBLACION Y MUESTRA.

3.1.2.1 POBLACIÓN.

La población está representada por 180 probetas de concreto; 60 por el concreto patrón, 60 por el concreto con 10% de residuos de llantas de caucho y 60 por el concreto elaborado con 20% de residuos de llantas de caucho. Los concretos mencionados con $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. El cual serán ensayadas edades de 3, 7, 14 y 28 días para determinar la resistencia a la compresión.

3.1.2.2 MUESTRA.

➤ TIPO DE MUESTREO

Tipo Probabilístico – Conglomerado

Para determinar la muestra se procede a realizar el muestreo probabilístico, específicamente el muestreo aleatorio simple, porque la forma más común de obtener una muestra es la selección al azar. Es decir, cada uno de los individuos de una población tiene la misma posibilidad de ser elegido; si no se cumple este requisito, se dice que la muestra es viciada. Para tener la seguridad de que la muestra aleatoria no es viciada, debe emplearse para su constitución una tabla de números aleatorios.

➤ ELECCION DE LA MUESTRA

Para la elección usamos la fórmula de para determinar el tamaño de la muestra, para estimar la proporción poblacional, para una población finita.

$$n = \frac{N Z_{\alpha}^2 p q}{e^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 p q}$$

Los coeficientes de Z 1. varían según diferentes seguridades:

- Si Z fuese del 90% el coeficiente sería 1.645
- Si Z fuese del 95% el coeficiente sería 1.96
- Si Z fuese del 97.5% el coeficiente sería 2.24
- Si Z fuese del 99% el coeficiente sería 2.576

Entonces de los datos de la investigación tenemos:

- N= 60 (población)
 Za= 1.96 seguridad al 90%
 P= 0.5 proporción esperada investigación (5%)
 q= 0.5
 d= 0.30 de precisión de la investigación

Tenemos que: $n = 15$ por lo que se toma 15 especímenes.

Por lo tanto, para cada ensayo a la compresión a una determinada edad y un determinado tipo de concreto se emplearán 15 especímenes de concreto, a continuación, se especifica las muestras distribuidas por edades del concreto y por tipo.

Tabla 1 Numero de muestras totales.

TIPO DE CONCRETO	ENSAYO A COMPRESION A EDADES (DIAS)				TOTAL
	3	7	14	28	
f'c= 210 Kg/cm ² - 0% de residuo de llantas de caucho	15	15	15	15	60
f'c= 210 Kg/cm ² - 10% de residuo de llantas de caucho	15	15	15	15	60
f'c= 210 Kg/cm ² - 20% de residuo de llantas de caucho	15	15	15	15	60
TOTAL DE PROBETAS					180

Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de la UDH

3.1.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

3.1.3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos se basa en diferentes experiencias y

procedimientos de diseño en concretos permeables en otros países, esta información primaria es punto de partida para aplicar dichos datos en nuestra realidad; con este fin se programarán y ejecutarán ensayos en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil - UDH; utilizando normas técnicas vigentes para determinar las características de los agregados:

- NTP 400.010: Agregados. Extracción y preparación de muestras.
- NTP 400.037: Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).
- NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP 400.017: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
- NTP 400.019: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles.

Ensayos concreto fresco:

- NTP 339.035: Método de ensayo para la medición de asentamiento del concreto con el cono de Abrams.
- NTP 339.082: Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado.
- NTP 339.187: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido.
- NTP 339.184: Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto.

Ensayos (concreto fraguado):

- NTP 339.183: Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

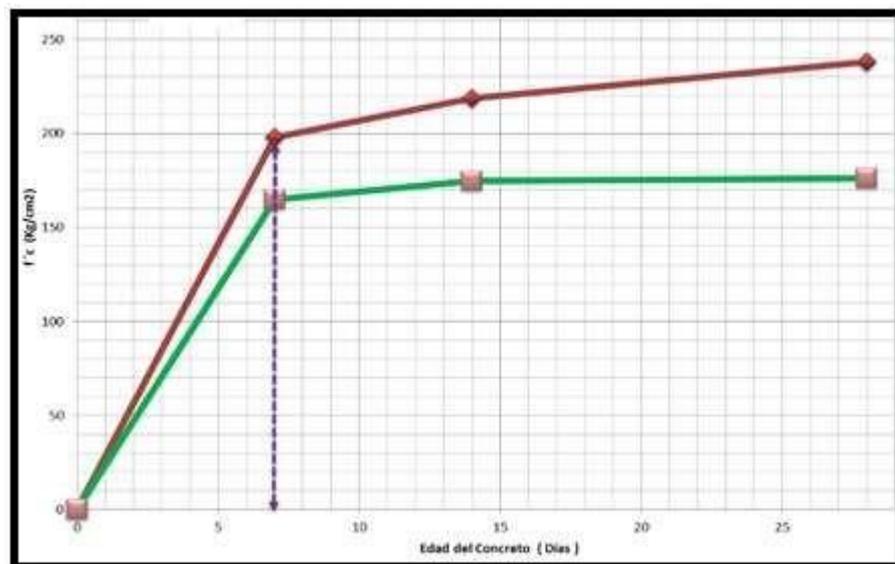
Resistencia:

NTP 339.034: Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

- NTP 339.079: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo.

3.1.4. TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION.

Se requerirán de formatos que permitan la visibilidad de las variables que se presentan en esta investigación, en dicho formato estarán las dimensiones de edad que se presentaran en días y la resistencia a la compresión como se muestra en la figura:



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 31 Representación de datos

3.1.5. INTERPRETACION DE DATOS.

➤ **ALCANCES.**

Las pruebas que se usarán en los diseños serán la prueba de compresión de probetas de concreto patrón, y probetas de concreto con residuos de llantas de caucho.

➤ **ENSAYOS.**

Generalidades

Una vez transcurridos los 7, 14 y 28 días respectivamente desde la fecha de elaboración de las probetas, éstas son ensayadas a compresión. La norma E.060 Ensayo de compresión de probetas cilíndricas, establece el método para efectuar los ensayos hasta rotura por compresión en probetas y cilíndricas, además de los requisitos que deben cumplir los equipos usados en el ensayo.

Los especímenes utilizados para realizar dichos ensayos serán probetas de forma cilíndrica de 15cm X 30cm.

Ensayo para determinar la resistencia a la compresión NTP 339.034 (1999). Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Procedimiento.

Una vez que las probetas son retiradas de la piscina de curado, se trasladan a la sala donde se encuentra la prensa, previo al ensayo las probetas son pesadas y medidas, de acuerdo a lo especificado en la Norma E.060.

- Se retiran los cilindros de concreto de la pila de curado un día antes de las pruebas.
- Se ponen a secar sobre el sol durante un rato para que pierdan el agua superficial.
- Se mide el diámetro \varnothing = Diámetro en centímetros (cm).
- Se calcula el área transversal y el volumen:

$$A = P \frac{r^2}{4} = 0.786 \text{ n k}^2$$

A = Área transversal, en cm.

- Colocamos el concreto a la prensa hidráulica.
- Esperamos la resistencia a la que se agrieta el concreto y apuntamos

Dimensiones y peso de las probetas.

La medición de las probetas se efectúa de acuerdo al diagrama mostrado en la figura del molde, previa identificación de la cara de llenado.

Dichas probetas se fabricarán para un concreto de 210 kg/cm² lo cual es utilizado comúnmente con fines estructurales; además cada serie de probetas contiene un porcentaje determinado de residuos de llanta de caucho, pero no reemplazando una fracción del árido fino, el cual varía desde un 10% hasta un 20%.

Durante la práctica se trabajará con probetas cuyas dimensiones están especificadas en las normas ASTM C-42 Y ASTM C-39.

La dimensión referencial de la probeta para esta práctica será de 6" (lo equivalente a 15cm. de diámetro y 30cm. de altura)

La densidad de las probetas se obtiene con:

$$\frac{S}{m} = \frac{V}{m} \quad (10)$$

Donde el volumen se calcula:

$$V = a * h \quad (11)$$

Con:

V: volumen de la probeta (cm³)

S: sección de ensayo de la probeta (cm²)

h: altura promedio (cm)

m: masa de la probeta (kg)

La densidad finalmente es expresada en kg/cm³.

Carga y rotura de probetas.

Velocidad de Carga

La carga deberá ser aplicada en forma continua, evitando choques. El desplazamiento del cabezal móvil será de aproximadamente 1,3 mm/min, cuando lo hace libremente.

Tolerancias de Tiempo

Las probetas a ser ensayadas, estarán sujetas a las tolerancias de tiempo indicadas: 0,14 a 0,34 MPa/s. Se aplicará la velocidad de carga continua y constante desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta.

Dosificación del Concreto.

La docilidad de la mezcla también se ve afectada por la utilización de

residuos de llantas de caucho, y presenta variaciones respecto a las muestras patrones, en las tablas siguientes se muestra la dosificación de un concreto convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para un metro cúbico, la dosificación de un concreto convencional para una probeta y la dosificación para una probeta de concreto elaborado con residuos de llantas de caucho.

Resultados de los ensayos.

Para realizar los ensayos de compresión a las probetas se seleccionó treinta probetas con 7 días de curado de las cuales 15 son de concreto convencional y las 15 son de concreto con residuos de llantas de caucho, también se realizó ensayos a 30 probetas con 14 días de curado tomando el mismo procedimiento que los anteriores al igual que para los 28 días.

Se podrá observar las diferencias medidas de las resistencias, concretos convencionales y el concreto elaborado con residuos de llantas de caucho.

La adición de residuos de llantas de caucho en la mezcla afecta la docilidad de la misma; según los resultados obtenidos se verifica la hipótesis donde la resistencia a la compresión del concreto elaborado con residuos de llantas de caucho es mayor al concreto convencional.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1.1 PROCESO

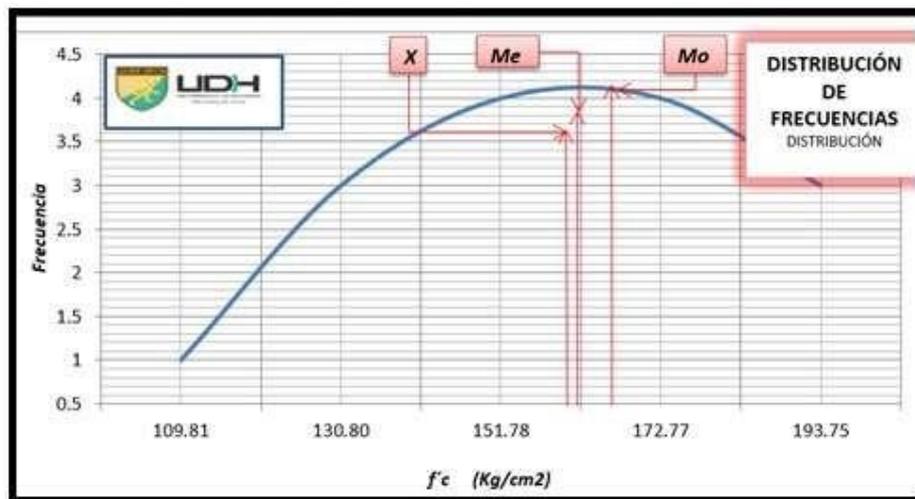
- ✓ Coordinar con el ingeniero encargado de laboratorio de Mecánica de Suelos para facilitar el acceso a dicho establecimiento para realizar ensayos correspondientes.
- ✓ Obtener nuestros agregados que se utilizaran en la fabricación de nuestras probetas y/o especímenes para el ensayo respectivo.
- ✓ Aplicaremos un registro de apuntes, mediante fotografía, y fichas de registro para ver el desarrollo de nuestras muestras en sus diferentes días de análisis.
- ✓ Realizaremos un diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con su respectiva desviación estándar.
- ✓ Elaboraremos especímenes de concreto patrón y especímenes de concreto adicionando reciclado de caucho.
- ✓ Ejecutaremos el Curado de nuestros especímenes y finalmente el ensayo a la resistencia a la compresión.
- ✓ Con los datos obtenidos realizaremos cuadros que nos ayudaran a ver nuestros resultados.

Tabla 2 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón

<i>K</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>y</i>	<i>f * y</i>	<i>f * y²</i>	Leyenda:
1	99.32	120.30	1	1	109.81	109.81	12058.29	<i>K = N° intervalos</i>
2	120.30	141.29	3	4	130.80	392.39	51322.90	<i>f = Frecuencia</i>
3	141.29	162.28	4	8	151.78	607.13	92151.16	<i>y = Marca Clase</i>
4	162.28	183.26	4	12	172.77	691.07	119395.06	<i>n = N° de datos</i>
5	183.26	204.25	3	15	193.75	581.26	112621.67	<i>F = Frec. Acumul.</i>
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	2381.66	387549.08	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla 3 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION			
$X/n - (B/n)^2 = (S^2)=$	626.36	$(Kg/cm2)^2$	$\hat{=}$ Varianza (S^2)
$\sqrt{(S^2)} = S=$	25.03	$Kg/cm2$	$\hat{=}$ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV=$	15.76	%	$\hat{=}$ Coef. Variación
$3(X-Me)/s= AS=$	-0.1048		$\hat{=}$ Asimetria PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi-1 =$	3.50	$Kg/cm2$	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	158.78	$Kg/cm2$	$\hat{=}$ Media Aritmética(X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	159.65	$Kg/cm2$	$\hat{=}$ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2)*A=$	162.28	$Kg/cm2$	$\hat{=}$ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 32 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 3 días

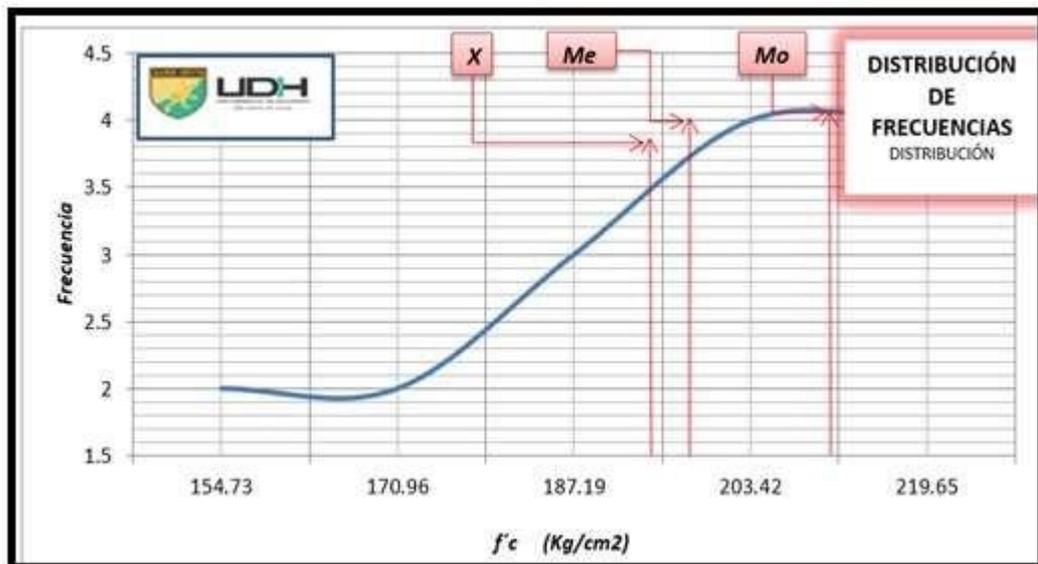
4.1.2 Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 7 días.

Tabla 4 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Legenda:
1	146.61	162.84	2	2	154.73	309.45	47880.23	K = N° intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = N° de datos F = Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
2	162.84	179.07	2	4	170.96	341.92	58453.27	
3	179.07	195.31	3	7	187.19	561.57	105120.34	
4	195.31	211.54	4	11	203.42	813.69	165522.20	
5	211.54	227.77	4	15	219.65	878.62	192991.79	
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	2905.24	569967.82	

Tabla 5 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

<u>MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION</u>		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	484.80 (Kg/cm ²) ²	$\hat{=}$ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = s =$	22.02 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	11.37 %	$\hat{=}$ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.4976	$\hat{=}$ Asimetria PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	0.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	193.68 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	197.34 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	211.54 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 33 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 7 días

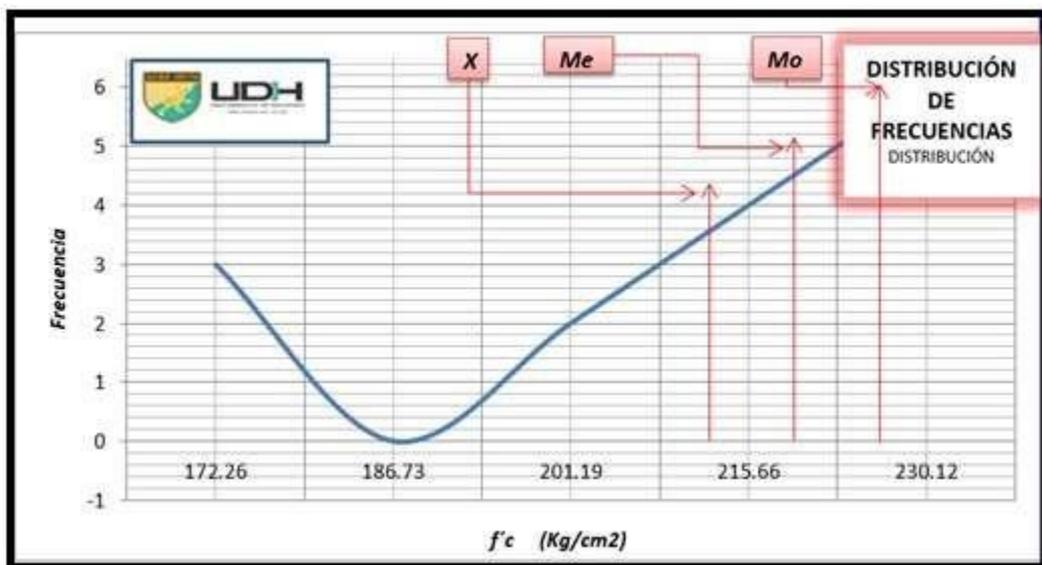
4.1.3 Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 14 días.

Tabla 6 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K = N° intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = N° de datos F = Frec. Acumul. Σ f * y = (B)
1	165.03	179.49	3	3	172.26	516.79	89022.81	
2	179.49	193.96	0	3	186.73	0.00	0.00	
3	193.96	208.42	2	5	201.19	402.38	80955.89	
4	208.42	222.89	4	9	215.66	862.62	186029.80	
5	222.89	237.35	6	15	230.12	1380.72	317732.41	
		Σ f = n =	15		Σ f*y =	3162.52	673740.90	

Tabla 7 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$\sum (X - \bar{X})^2 = (S^2) =$	464.94 (Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	21.56 Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/\bar{X}) = CV =$	10.23 %	= Coef. Variación
$3(X - Me)/s = AS =$	-0.9224	= Asimetria PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	2.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	210.83 Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	217.46 Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	226.50 Kg/cm ²	= Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 34 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 14 días

4.1.4 Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 28 días.

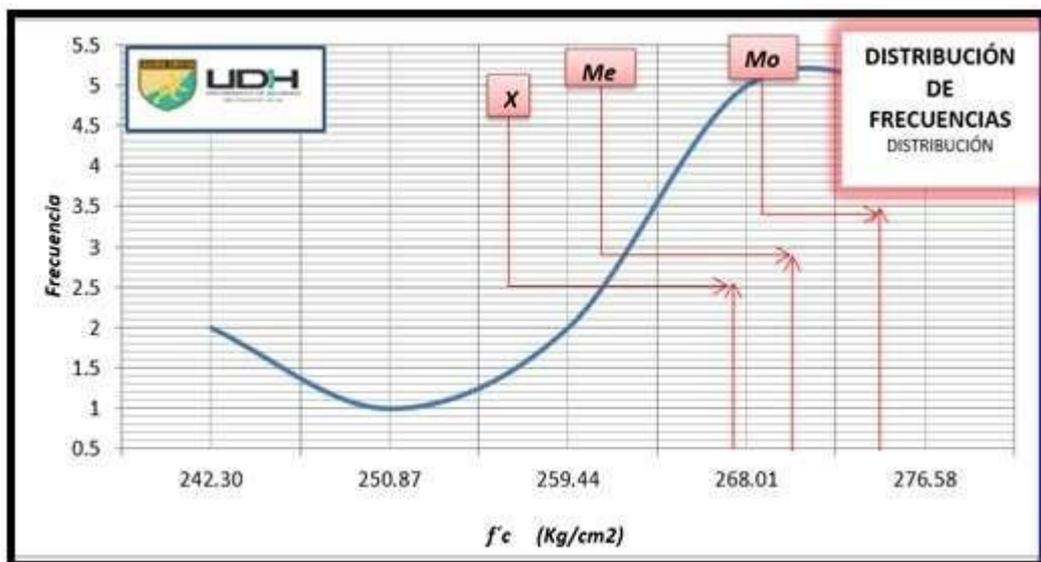
Tabla 8 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	238.01	246.58	2	2	242.30	484.60	117417.29	K = N° intervalos
2	246.58	255.15	1	3	250.87	250.87	62934.98	f = Frecuencia
3	255.15	263.72	2	5	259.44	518.88	134616.41	y = Marca Clase
4	263.72	272.29	5	10	268.01	1340.04	359141.57	n = N° de datos
5	272.29	280.86	5	15	276.58	1382.89	382476.51	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f \cdot y =$	3977.27	1056586.76	$\sum f \cdot y^2 = (B)$

Tabla 9 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

$\sum (f \cdot y) / n = (X) =$	265.15	Kg/cm ²	≡ Media Aritmética (X)
$\sum (f \cdot y^2) / n = (S^2) =$	133.83	(Kg/cm ²) ²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	11.57	Kg/cm ²	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	4.36	%	≡ Coef. Variación
$3(X - Me) / s = AS =$	-0.7408		≡ Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 \cdot n - F_{i-1} =$	2.50	Kg/cm ²	
$Me = Li + \Delta f_i / f_i \cdot A =$	268.01	Kg/cm ²	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) \cdot A =$	272.29	Kg/cm ²	≡ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 35 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 28 días

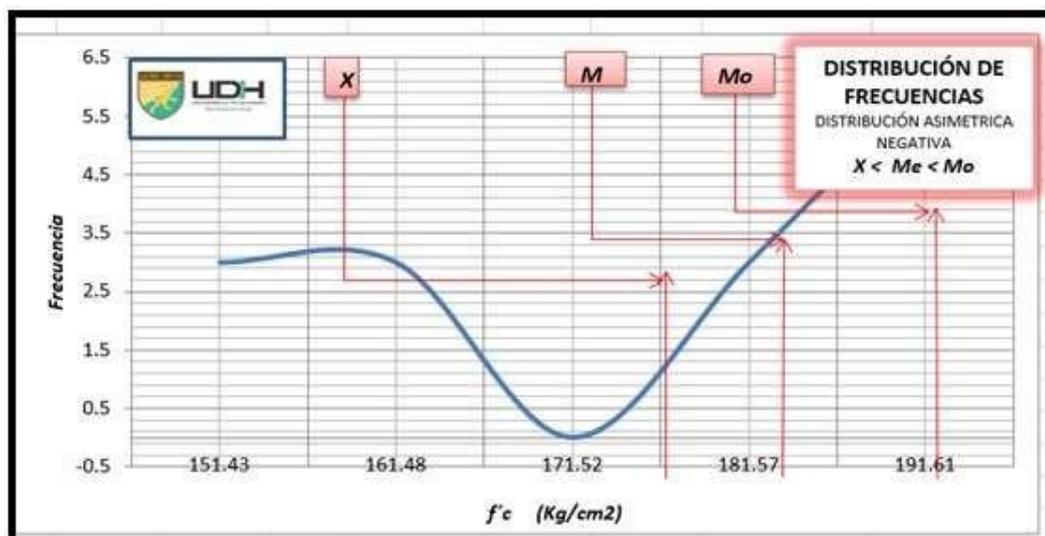
4.1.5 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 3 días con residuos de llantas de caucho 10%.

Tabla 10 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	146.41	156.45	3	3	151.43	454.29	68794.31	K=Nº intervalos
2	156.45	166.50	3	6	161.48	484.43	78224.05	f=Frecuencia
3	166.50	176.54	0	6	171.52	0.00	0.00	y = Marca Clase
4	176.54	186.59	3	9	181.57	544.70	98899.87	n=Nº de datos
5	186.59	196.64	6	15	191.61	1149.67	220291.89	F=Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f*y =$	2633.099	466210.1156	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla 11 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

<u>MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION</u>		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	266.40 (Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	16.32 Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	9.30 %	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-1.1078	= Asimetria PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi - 1 =$	1.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	175.54 Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	181.57 Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2)*A =$	189.94 Kg/cm ²	= Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 36 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 3 días

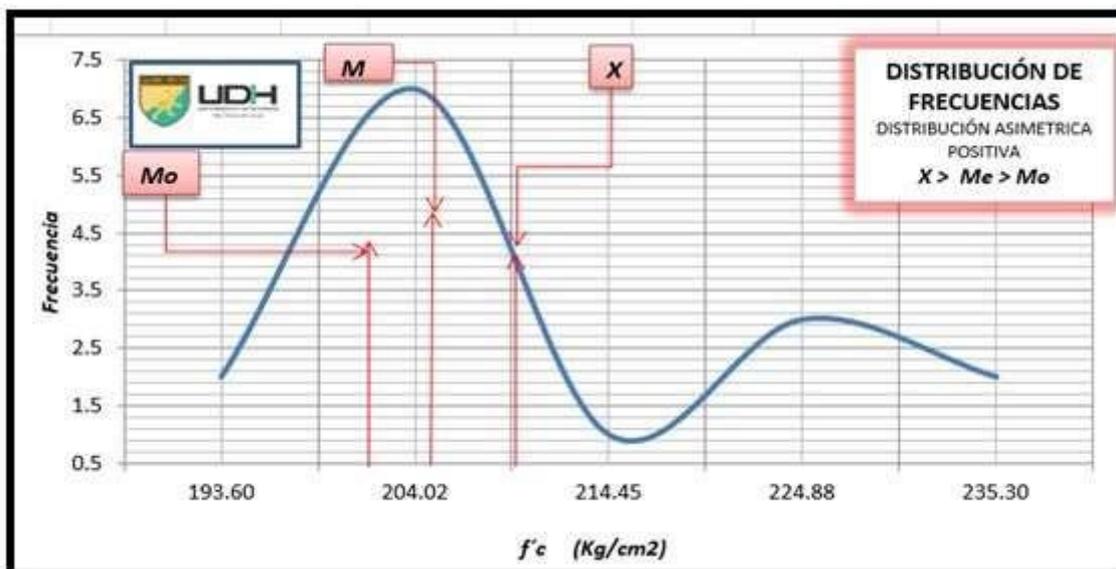
4.1.6 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 7 días con residuos de llantas de caucho 10%.

Tabla 12 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Legenda:
1	188.38	198.81	2	2	193.60	387.19	74958.44	K=N° intervalos
2	198.81	209.24	7	9	204.02	1428.16	291375.30	f=Frecuencia
3	209.24	219.66	1	10	214.45	214.45	45988.30	y = Marca Clase
4	219.66	230.09	3	13	224.88	674.63	151706.94	n=N° de datos
5	230.09	240.52	2	15	235.30	470.60	110734.18	F=Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f \cdot y =$	3175.026	674763.1611	$\sum f \cdot y^2 = (B)$

Tabla 13 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	180.71 (Kg/cm ²) ²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	13.44 Kg/cm ²	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	6.35 %	≡ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	1.0416	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 \cdot n - Fi-1 =$	5.50 Kg/cm ²	
$(\sum f \cdot y)/n = (X) =$	211.67 Kg/cm ²	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi \cdot A =$	207.00 Kg/cm ²	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2) \cdot A =$	203.55 Kg/cm ²	≡ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 37 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 7 días

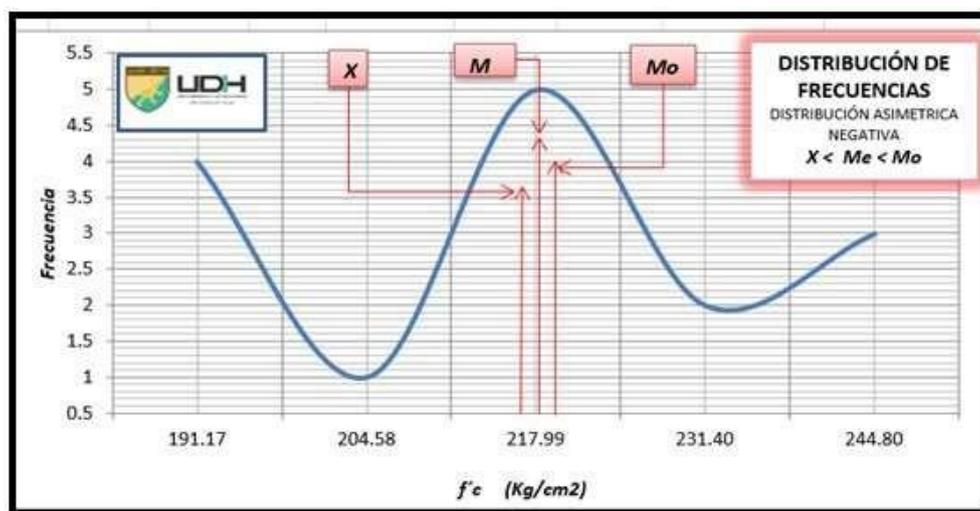
4.1.7 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 14 días con residuos de llantas de caucho 10%.

Tabla 14 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	184.47	197.88	4	4	191.17	764.69	146186.95	K=Nº intervalos
2	197.88	211.28	1	5	204.58	204.58	41853.07	f=Frecuencia
3	211.28	224.69	5	10	217.99	1089.94	237594.85	y = Marca Clase
4	224.69	238.10	2	12	231.40	462.79	107088.86	n = Nº de datos
5	238.10	251.51	3	15	244.80	734.41	179788.35	F=Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f \cdot y =$	3256.419	712512.0843	$\sum f \cdot y^2 = (B)$

Tabla 15 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

<u>MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION</u>		
$\sum f \cdot y^2 / n - (B/n)^2 = (S^2) =$	370.75 (Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	19.25 Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	8.87 %	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.1393	= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 \cdot n - Fi - 1 =$	2.50 Kg/cm ²	
$(\sum f \cdot y) / n = (X) =$	217.09 Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi \cdot A =$	217.99 Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) \cdot A =$	218.95 Kg/cm ²	= Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 38 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días

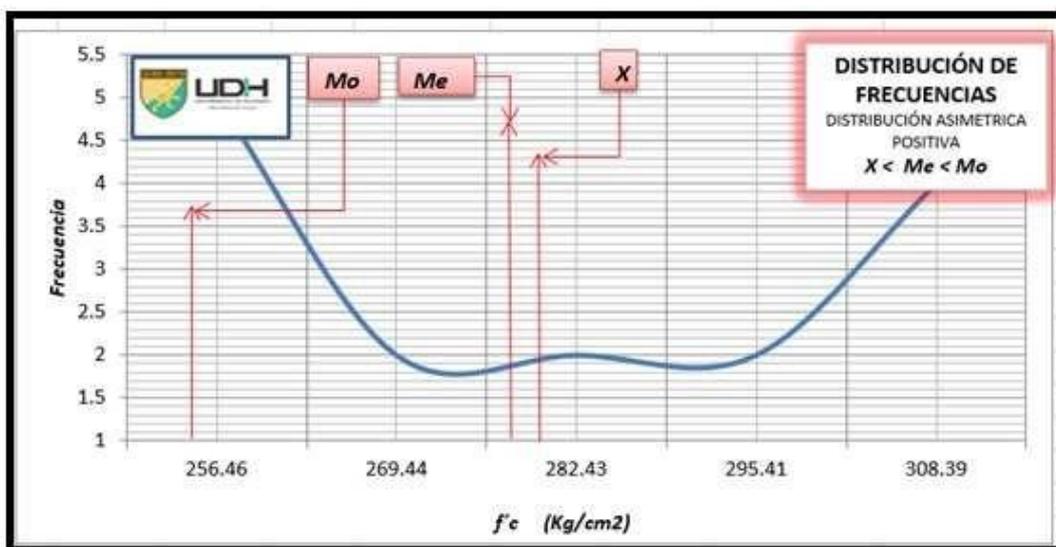
4.1.8 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 28 días con residuos de llantas de caucho 10%.

Tabla 16 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Legenda:
1	249.97	262.95	5	5	256.46	1282.31	328863.31	K=Nº intervalos
2	262.95	275.94	2	7	269.44	538.89	145200.90	f=Frecuencia
3	275.94	288.92	2	9	282.43	564.86	159530.69	y = Marca Clase
4	288.92	301.90	2	11	295.41	590.82	174534.71	n = Nº de datos
5	301.90	314.88	4	15	308.39	1233.57	380425.91	F=Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f \cdot y =$	4210.448	1188555.52	$\sum f \cdot y^2 = (B)$

Tabla 17 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	446.48 (Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	21.13 Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	7.53 %	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.2150	= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 \cdot n - Fi - 1 =$	0.50 Kg/cm ²	
$(\sum f \cdot y)/n = (X) =$	280.70 Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi \cdot A =$	279.18 Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2) \cdot A =$	258.08 Kg/cm ²	= Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 39 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 28 días

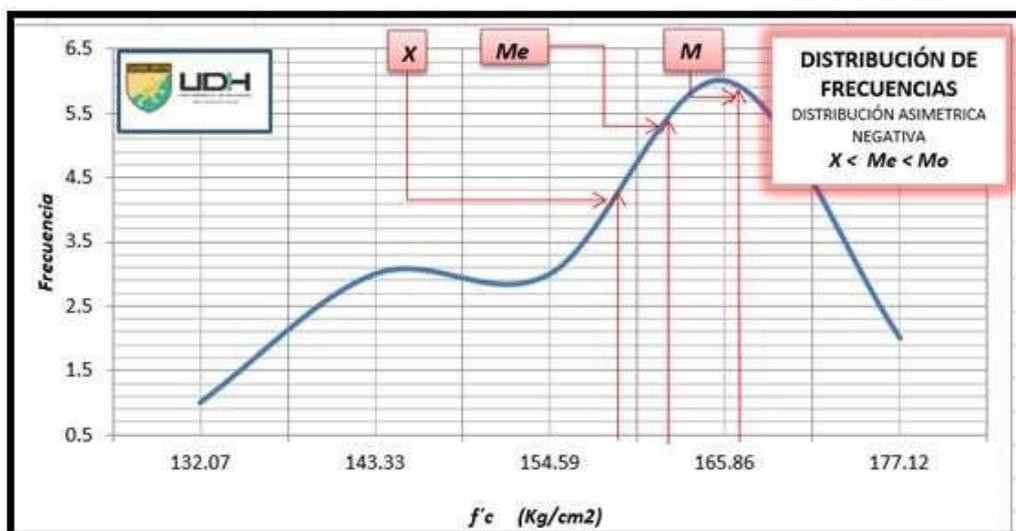
4.1.9 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 3 días con residuos de llantas de caucho 20%.

Tabla 18 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	126.44	137.70	1	1	132.07	132.07	17442.38	K=Nº intervalos
2	137.70	148.96	3	4	143.33	430.00	61632.06	f=Frecuencia
3	148.96	160.23	3	7	154.59	463.78	71697.99	y = Marca Clase
4	160.23	171.49	6	13	165.86	995.14	165049.89	n = Nº de datos
5	171.49	182.75	2	15	177.12	354.24	62741.96	F=Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f \cdot y =$	2375.22	378564.27	$\sum f \cdot y^2 = (B)$

Tabla 19 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION		
$\sum (X - \bar{X})^2 / n = (S^2) =$	163.48 (Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	12.79 Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/\bar{X}) = CV =$	8.07 %	= Coef. Variación
$3(X - Me)/s = AS =$	-0.6606	= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 \cdot n - Fi - 1 =$	0.50 Kg/cm ²	
$(\sum f \cdot y) / n = (\bar{X}) =$	158.35 Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi \cdot A =$	161.16 Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) \cdot A =$	165.05 Kg/cm ²	= Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 40 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 3 días.

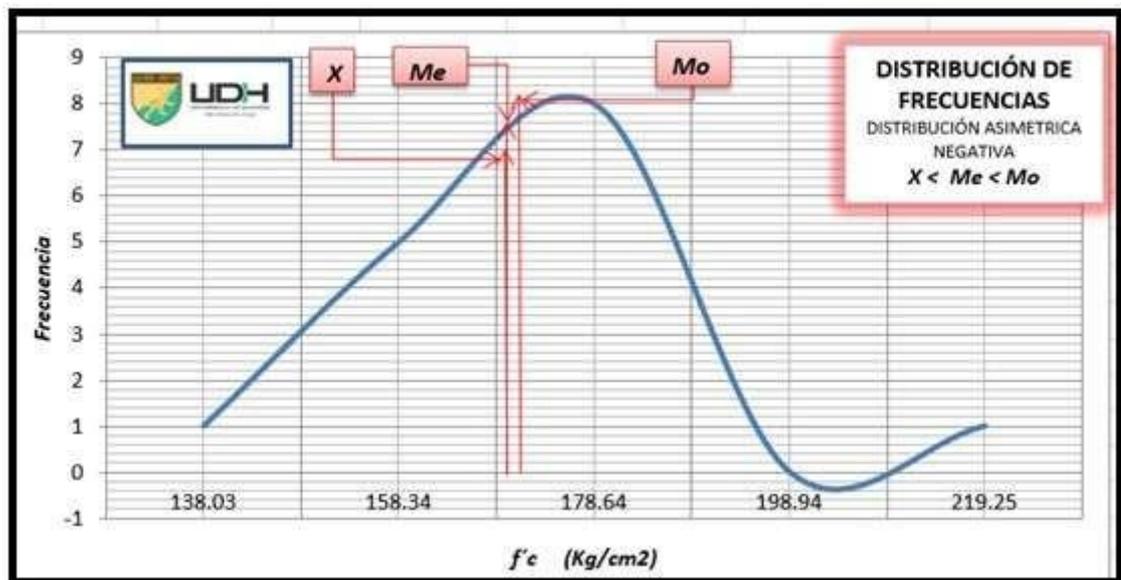
4.1.10 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 7 días con residuos de llantas de caucho 20%.

Tabla 20 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 20%.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K=Nº intervalos f=Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F=Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	127.88	148.18	1	1	138.03	138.03	19052.83	
2	148.18	168.49	5	6	158.34	791.68	125351.58	
3	168.49	188.79	8	14	178.64	1429.12	255298.46	
4	188.79	209.10	0	14	198.94	0.00	0.00	
5	209.10	229.40	1	15	219.25	219.25	48069.82	
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	2578.08	447772.70	

Tabla 21 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	311.48 (Kg/cm ²) ²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	17.65 Kg/cm ²	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	10.27 %	≡ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.0719	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	1.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	171.87 Kg/cm ²	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	172.30 Kg/cm ²	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	174.03 Kg/cm ²	≡ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 41 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 7 días.

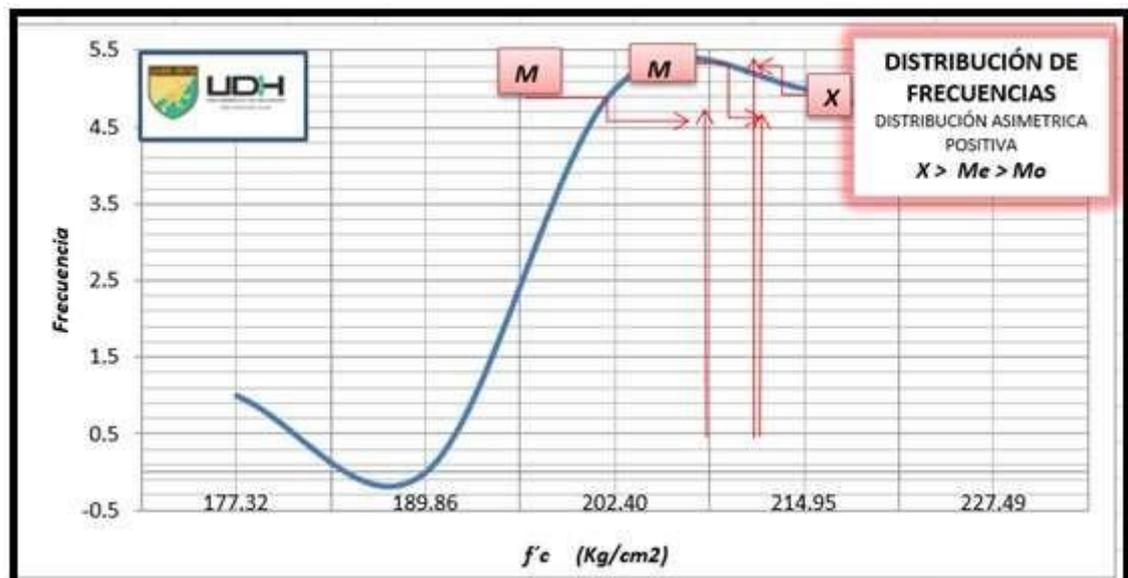
4.1.11 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 14 días con residuos de llantas de caucho 20%.

Tabla 22 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 20%.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	171.04	183.59	1	1	177.32	177.32	31440.86	K=Nº intervalos
2	183.59	196.13	0	1	189.86	0.00	0.00	f=Frecuencia
3	196.13	208.67	5	6	202.40	1012.01	204832.80	y= Marca Clase
4	208.67	221.22	5	11	214.95	1074.73	231007.02	n = Nº de datos
5	221.22	233.76	4	15	227.49	909.95	207003.63	F=Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f*y =$	3174.00	674284.30	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla 23 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	177.61 (Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	13.33 Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	6.30 %	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.1882	= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi-1 =$	1.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	211.60 Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	212.44 Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2)*A =$	208.67 Kg/cm ²	= Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 42 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días.

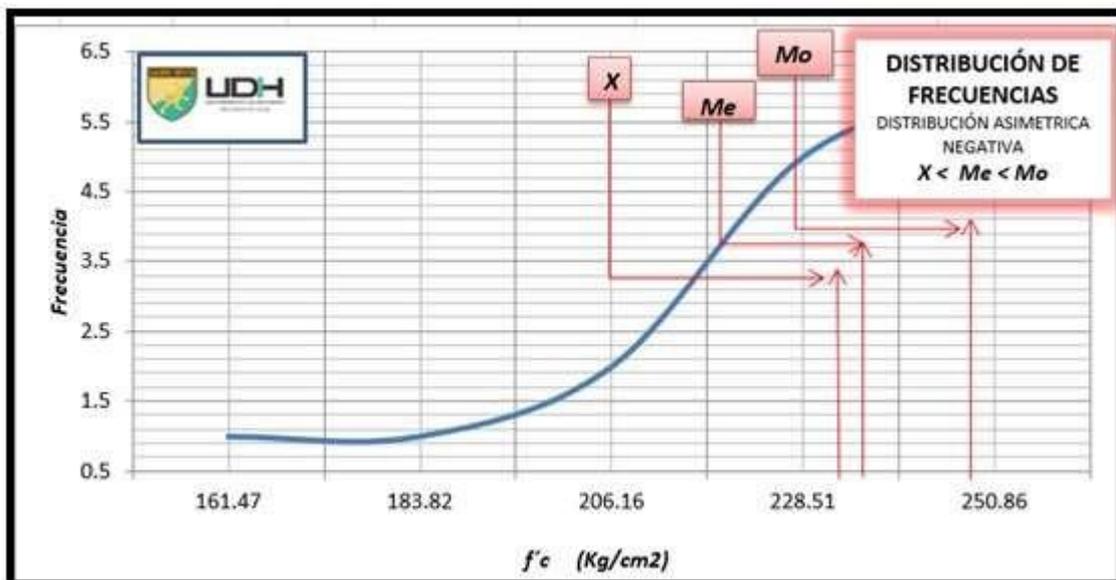
4.1.12 Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 28 días con residuos de llantas de caucho 20%.

Tabla 24 Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de llantas de caucho 20%.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K=Nº intervalos f=Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F=Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	150.30	172.65	1	1	161.47	161.47	26073.29	
2	172.65	194.99	1	2	183.82	183.82	33789.28	
3	194.99	217.34	2	4	206.16	412.33	85007.95	
4	217.34	239.68	5	9	228.51	1142.56	261086.98	
5	239.68	262.03	6	15	250.86	1505.15	377577.19	
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	3405.32	783534.68	

Tabla 25 Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	696.88 (Kg/cm ²) ²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	26.40 Kg/cm ²	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	11.63 %	≡ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.6772	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	3.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	227.02 Kg/cm ²	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	232.98 Kg/cm ²	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	242.88 Kg/cm ²	≡ Moda (Mo)



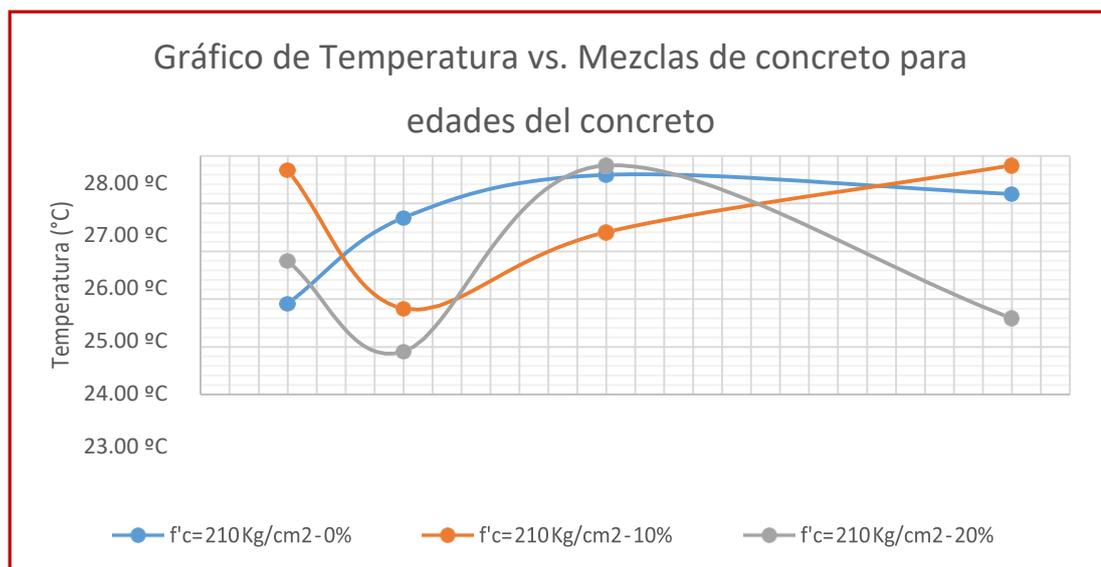
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 43 Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 28 días.

4.1.13 Comparación de la temperatura, y peso unitario del concreto patrón y los concretos con 10% y 20% de residuos de llantas de caucho.

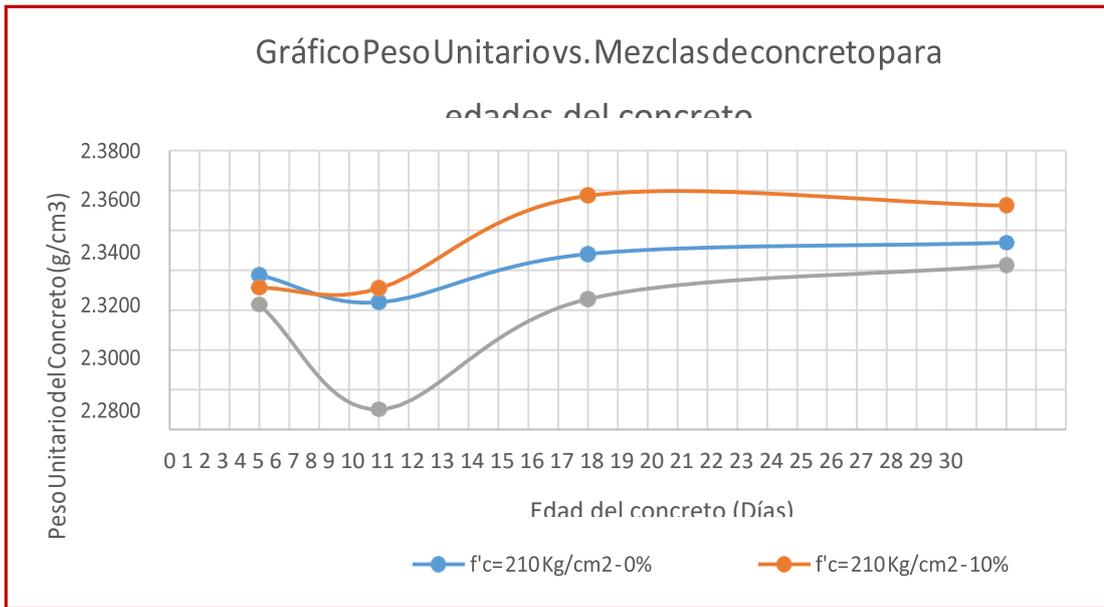
Tabla 26 Datos obtenidos del concreto en estado fresco, temperatura, y peso unitario.

EDAD	CEMENTO PORTLAND TIPO I			Tipo de concreto (Kg/cm ²)
	jul-16			
	Temperatura	Peso (gr.)	y Unitario	
3	24.90 °C	14599.00	2.3176	210Kg/cm ² 0% res. de llantas de caucho (patrón)
7	26.70 °C	14558.00	2.3040	
14	27.60 °C	14631.00	2.3282	
28	27.20 °C	14648.00	2.3338	
3	27.70 °C	14580.00	2.3113	210Kg/cm ² 10% res. De llantas de caucho
7	24.80 °C	14579.00	2.3109	
14	26.40 °C	14719.00	2.3574	
28	27.80 °C	14704.00	2.3524	
3	25.80 °C	14554.00	2.3026	210Kg/cm ² 20% res. de llantas de caucho
7	23.90 °C	14396.00	2.2502	
14	27.80 °C	14563.00	2.3056	
28	24.60 °C	14614.00	2.3225	



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 44 Temperatura vs. Mezclas de concreto para edades del concreto



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 45 Peso Unitario vs. Mezclas de concreto para edades del concreto

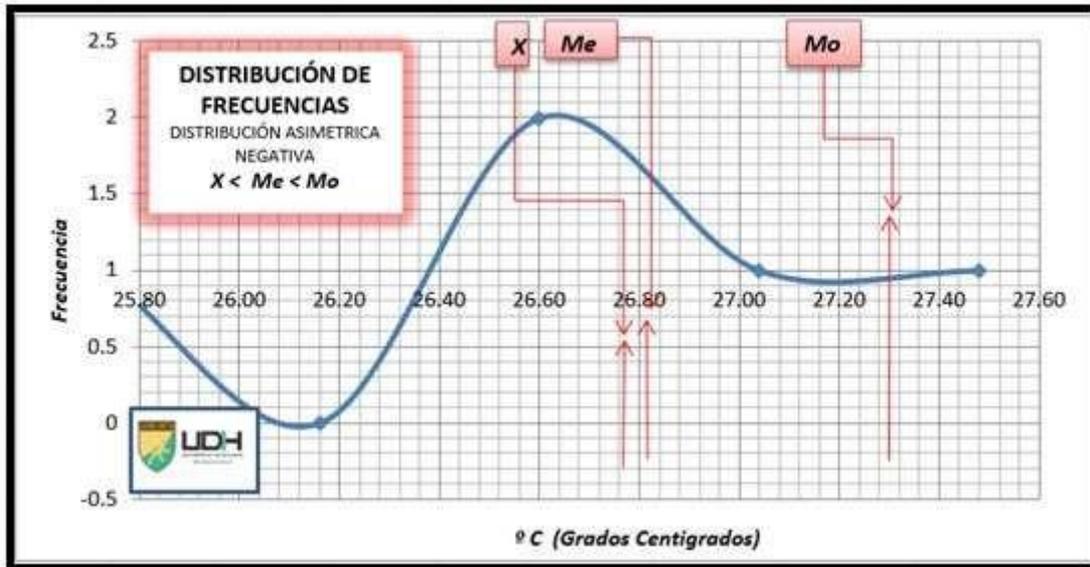
4.1.14 Lectura de Temperatura del concreto patrón.

Tabla 27 Distribución de frecuencias-Temperatura concreto patrón.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K=Nº intervalos f=Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F = Frec. Acumul. Σ f * y ² = (B)
1	25.50	25.94	1	1	25.72	25.72	661.52	
2	25.94	26.38	0	1	26.16	0	0.00	
3	26.38	26.82	2	3	26.60	53.2	1415.12	
4	26.82	27.26	1	4	27.04	27.04	731.16	
5	27.26	27.70	1	5	27.48	27.48	755.15	
		Σ f = n =	5		Σ f * y =	133.44	3562.95	

Tabla 28 Medidas de dispersión-Temperatura concreto patrón.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	0.34 °C	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = s =$	0.58 °C	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	2.19 %	≡ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.1131	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	1.50 °C	
$(\Sigma f * y) / n = (X) =$	26.69 °C	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	26.71 °C	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	27.26 °C	≡ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 46 Distribución de Frecuencias-Temperatura concreto patrón

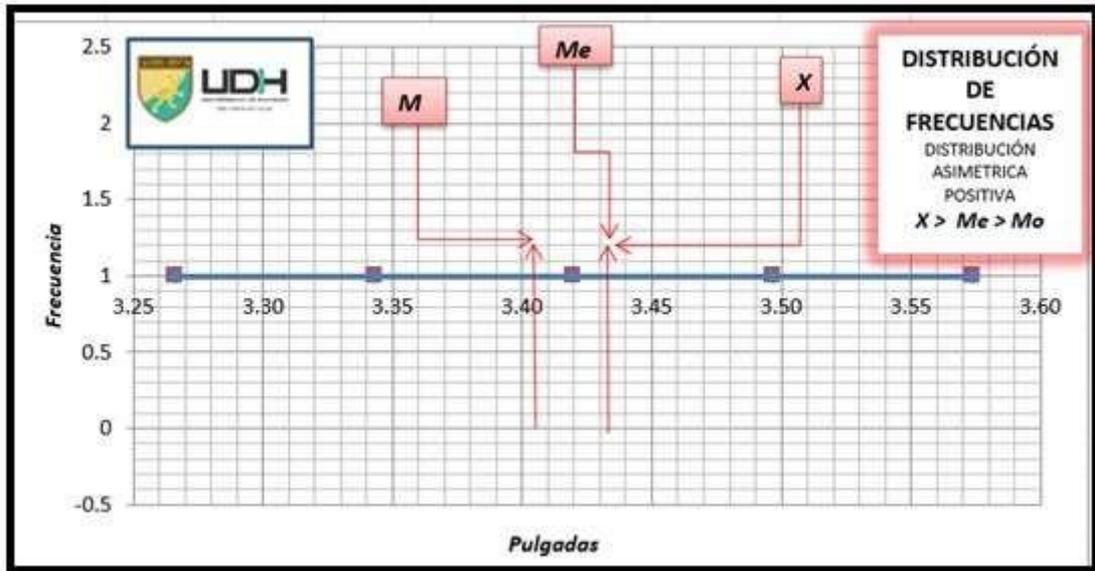
4.1.15 Medición del SLUMP del concreto patrón.

Tabla 29 Distribución de frecuencias-Slump de concreto patrón.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	3.23	3.30	1	1	3.27	3.27	10.67	K=Nº intervalos f=Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F = Frec. Acumul. $\Sigma = \Sigma f * y^2 = (B)$
2	3.30	3.38	1	2	3.34	3.34	11.18	
3	3.38	3.46	1	3	3.42	3.42	11.70	
4	3.46	3.54	1	4	3.50	3.50	12.23	
5	3.54	3.61	1	5	3.57	3.57	12.77	
		$\Sigma f = n =$	5		$\Sigma f * y =$	17.10	58.54	

Tabla 30 Medidas de dispersión-Slump de concreto patrón

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION		
$\Sigma (f * y) / n = (X) =$	3.42 Pulgadas	$\Sigma =$ Media Aritmética (X)
$\Sigma (f * y^2) / n = (B) =$	58.54 Pulgadas ²	$\Sigma =$ Desv. Estándar (S)
$\sqrt{(B/n) - (X)^2} = (S) =$	0.11 Pulgadas	$\Sigma =$ Coef. Variación
$(S/X) = CV =$	3.18 %	$\Sigma =$ Asimetria PEARSON
$3(X - Me) / s = AS =$	0.0000	
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50 Pulgadas	
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	3.42 Pulgadas	$\Sigma =$ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	3.38 Pulgadas	$\Sigma =$ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 47 Distribución de Frecuencias-Slump concreto patrón

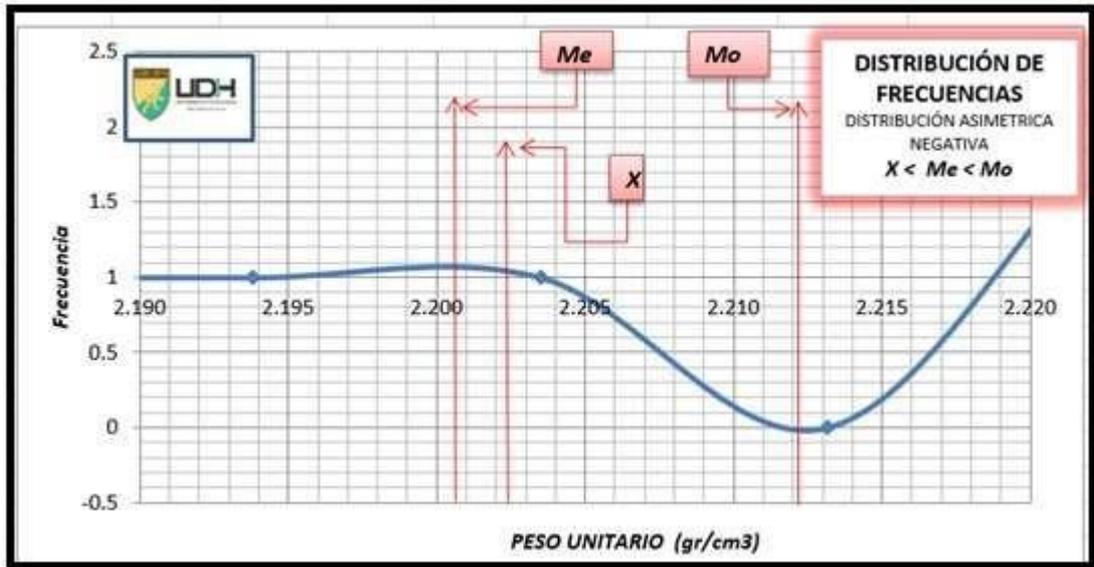
4.1.16 Medición del Peso Unitario del concreto patrón.

Tabla 31 Distribución de frecuencias-Peso Unitario de concreto patrón.

PESO UNITARIO	K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y²	Leyenda: K=Nº intervalos f=Frecuencia y = Marca Clase n=Nº de datos F= Frec. Acumul. Σ f * y ² = (B)
2.1793 2.234 gr/cm ³	1	2.1793	2.1890	1	1	2.184	2.1842	4.7705	
2.2632 2.231 gr/cm ³	2	2.1890	2.1987	1	2	2.194	2.1938	4.8129	
2.2515 2.197 gr/cm ³	3	2.1987	2.2083	1	3	2.203	2.2035	4.8554	
2.2403 2.246 gr/cm ³	4	2.2083	2.2180	0	3	2.213	0.0000	0.0000	
2.2277 2.235 gr/cm ³	5	2.2180	2.2277	2	5	2.223	4.4457	9.8821	
			Σ f = n =	5		Σ f*y =	11.0272	24.3209	

Tabla 32 Medidas de dispersión-Peso Unitario de concreto patrón.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	0.00 (g/cm ³) ²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	0.02 g/cm ³	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	0.70 %	≡ Coef. Variación
$3(X - Me)/s = AS =$	0.3750	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50 g/cm ³	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	2.205 g/cm ³	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	2.203 g/cm ³	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	2.223 g/cm ³	≡ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 48 Distribución de frecuencias-Peso unitario concreto patrón

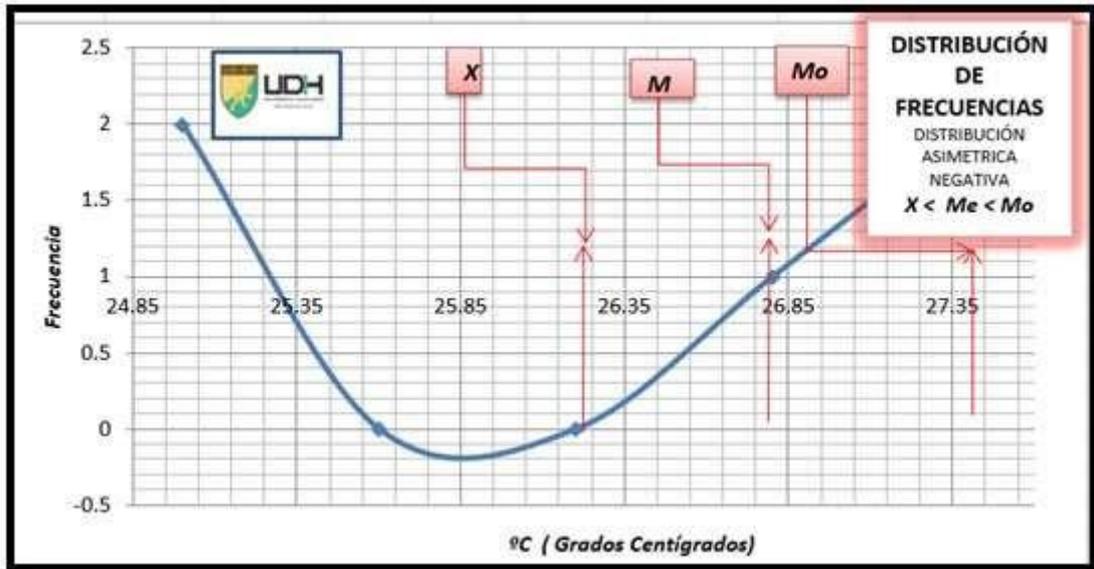
4.1.17 Medición de Temperatura para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 10% de residuo de llantas de caucho.

Tabla 33 Distribución de frecuencias-Temperatura con 10% res. Llantas de caucho.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K=Nº intervalos f=Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F = Frec. Acumul. Σ f * y = (A) Σ f * y ² = (B)
1	24.70	25.30	2	2	25.00	50	1250.00	
2	25.30	25.90	0	2	25.60	0	0.00	
3	25.90	26.50	0	2	26.20	0	0.00	
4	26.50	27.10	1	3	26.80	26.8	718.24	
5	27.10	27.70	2	5	27.40	54.8	1501.52	
		Σ f = n =	5		Σ f * y =	131.6	3469.76	

Tabla 34 Medidas de dispersión-Temperatura con 10% res. Llantas de caucho.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	1.21 °C²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	1.10 °C	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	4.18 %	≡ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-1.3093	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50 °C	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	26.32 °C	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	26.80 °C	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	27.30 °C	≡ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 49 Distribución de frecuencias-Temperatura con 10% res. Llantas de caucho.

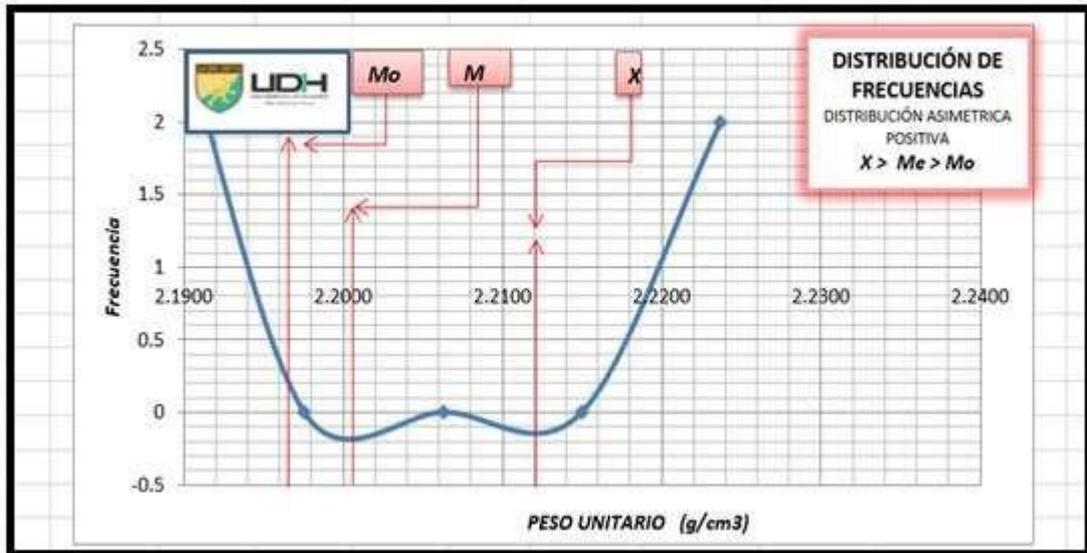
4.1.18 Medición del peso unitario para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 10% de residuo de llantas de caucho.

Tabla 35 Distribución de frecuencias-Peso unitario con 10% res. Llantas de caucho.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K=Nº intervalos f=Frecuencia y = Marca Clase n=Nº de datos F= Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	2.1845	2.1932	3	3	2.1888	6.5665	14.3731	
2	2.1932	2.2019	0	3	2.1976	0.0000	0.0000	
3	2.2019	2.2106	0	3	2.2063	0.0000	0.0000	
4	2.2106	2.2193	0	3	2.2150	0.0000	0.0000	
5	2.2193	2.2281	2	5	2.2237	4.4474	9.8897	
		$\sum f = n =$	5		$\sum f * y =$	11.0139	24.2628	

Tabla 36 Medidas de dispersión-Peso unitario con 10% res. Llantas de caucho.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	0.0003 (g/cm ³) ²	$\hat{=} \text{ Varianza } (S^2)$
$\sqrt{(S^2)} = S =$	0.0171 g/cm ³	$\hat{=} \text{ Desv. Estándar } (S)$
$(S/X) = CV =$	0.78 %	$\hat{=} \text{ Coef. Variación}$
$3(X-Me)/s = AS =$	1.9392	$\hat{=} \text{ Asimetría PEARSON}$
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	2.50 g/cm ³	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	2.2028 g/cm ³	$\hat{=} \text{ Media Aritmética } (X)$
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	2.1917 g/cm ³	$\hat{=} \text{ Mediana } (Me)$
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	2.1888 g/cm ³	$\hat{=} \text{ Moda } (Mo)$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 50 Distribución de frecuencias-Peso unitario con 10% res. Llantas de caucho

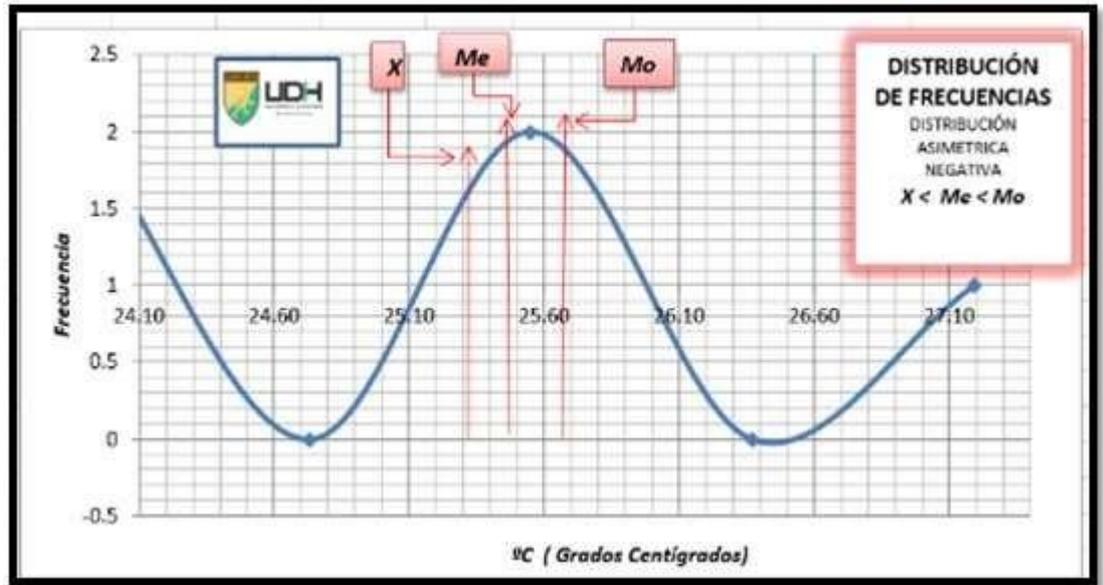
4.1.19 Medición de Temperatura para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 20% de residuo de llantas de caucho.

Tabla 37 Distribución de frecuencias-Temperatura con 20% de res. de llantas de caucho.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K=Nº intervalos f=Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F = Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	23.50	24.32	2	2	23.91	47.82	1143.38	
2	24.32	25.14	0	2	24.73	0	0.00	
3	25.14	25.96	2	4	25.55	51.1	1305.61	
4	25.96	26.78	0	4	26.37	0	0.00	
5	26.78	27.60	1	5	27.19	27.19	739.30	
		$\sum f = n =$	5		$\sum f * y =$	126.11	3188.28	

Tabla 38 Medidas de dispersión-Temperatura con 20% de res. de llantas de caucho.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$\frac{\sum f * y^2}{n} - (\frac{\sum f * y}{n})^2 = (S^2) =$	1.51 °C²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	1.23 °C	≡ Desv. Estándar (S)
$\frac{S}{X} = CV =$	4.87 %	≡ Coef. Variación
$\frac{3(X - Me)}{s} = AS =$	-0.3007	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50 °C	
$\frac{(\sum f * y)}{n} = (X) =$	25.22 °C	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \frac{\Delta f_i}{f_i} * A =$	25.35 °C	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + \frac{d1}{(d1 + d2)} * A =$	25.55 °C	≡ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 51 Distribución de frecuencias-Temperatura con 20% de res. de llantas de caucho

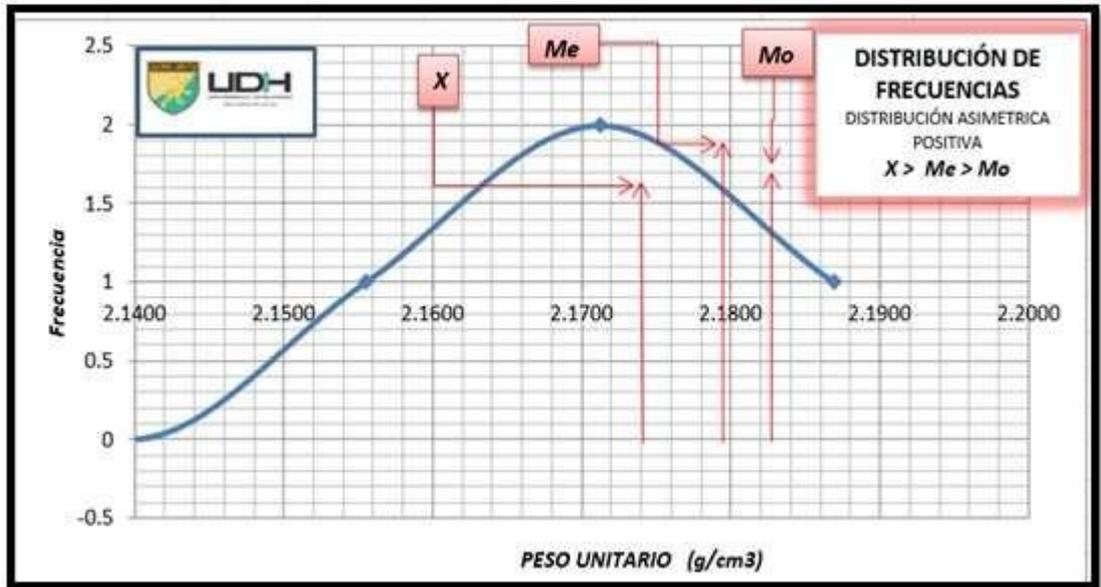
4.1.20 Medición del peso unitario para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 20% de residuo de llantas de caucho.

Tabla 39 Distribución de frecuencias-Peso unitario con 20% de res. de llantas de caucho.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	2.1162	2.1319	1	1	2.1240	2.1240	4.5115	K=Nº intervalos
2	2.1319	2.1476	0	1	2.1398	0.0000	0.0000	f=Frecuencia
3	2.1476	2.1634	1	2	2.1555	2.1555	4.6462	y = Marca Clase
4	2.1634	2.1791	2	4	2.1712	4.3425	9.4286	n=Nº de datos
5	2.1791	2.1948	1	5	2.1870	2.1870	4.7829	F=Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	5		$\sum f \cdot y =$	10.8090	23.3691	$\sum f \cdot y^2 = (B)$

Tabla 40 Medidas de dispersión--Peso unitario con 20% de res. de llantas de caucho.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	0.0005 (g/cm ³) ²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	0.0213 g/cm ³	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	0.99 %	≡ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.7741	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 \cdot n - F_{i-1} =$	0.50 g/cm ³	
$(\sum f \cdot y)/n = (X) =$	2.1618 g/cm ³	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi \cdot A =$	2.1673 g/cm ³	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2) \cdot A =$	2.1712 g/cm ³	≡ Moda (Mo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 52 Distribución de frecuencias-Peso unitario con 20% de res. de llantas de caucho

4.1.21 Comparación de resultados: TEMPERATURA.

La temperatura correspondiente escila entre 25°C a 26°C, a continuación, se muestra en el siguiente gráfico.

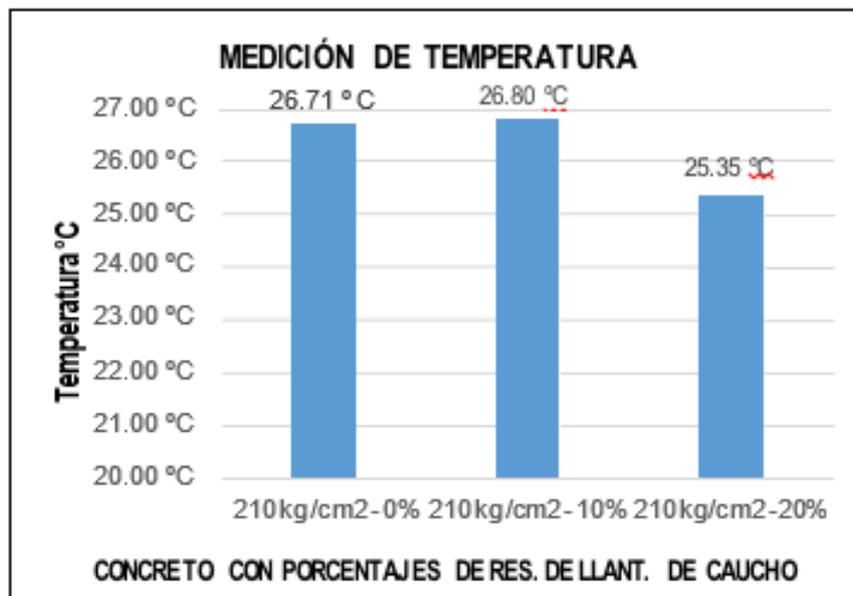
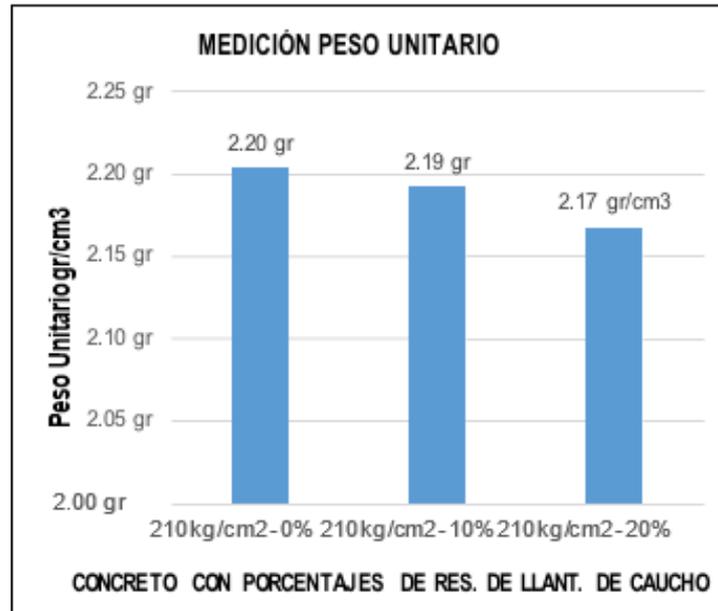


Gráfico 53 Medición de Temperatura

4.1.22 Comparación de resultados: PESO UNITARIO.

Los pesos unitarios de los concretos obtenidos se muestran en el siguiente gráfico.



Fuente: Elaboración propia

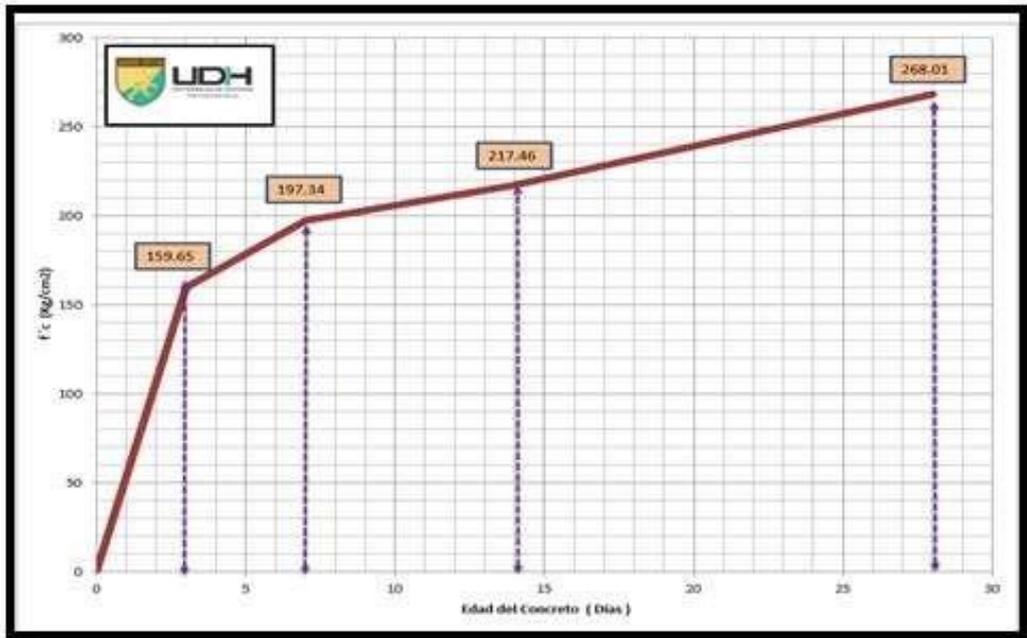
Gráfico 54 Peso Unitario

4.2 CONTRASTACION DE HIPOTESIS

HIPOTESIS GENERAL.

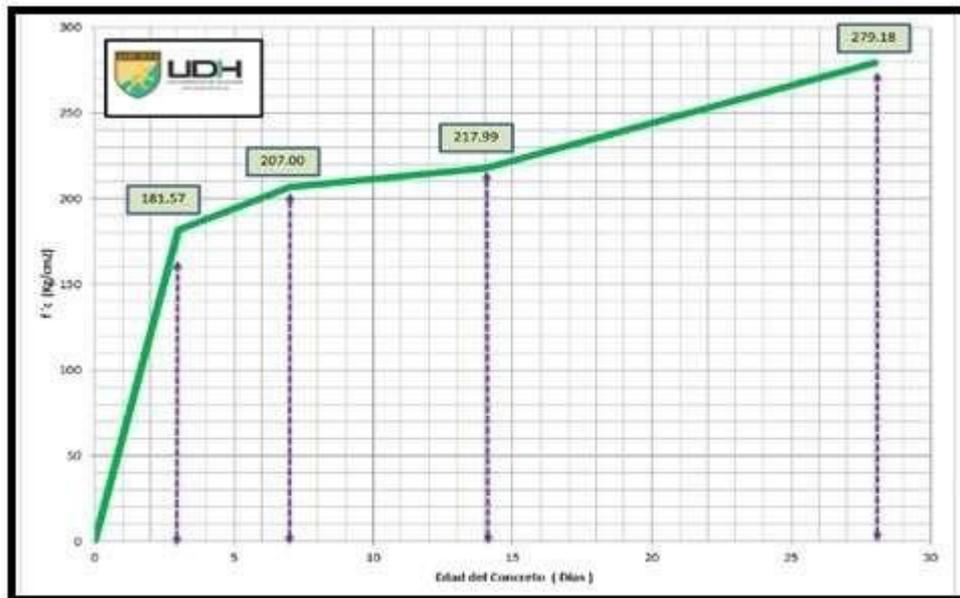
Si evaluamos el comportamiento de la resistencia a la compresión de un concreto estructural de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ patrón y reforzado con residuos de llantas de caucho en 10% y 20% correspondientemente.

De los datos presentados apreciaremos el cambio de resistencia a la compresión del concreto con respecto al tiempo hasta alcanzar su máximo desarrollo:



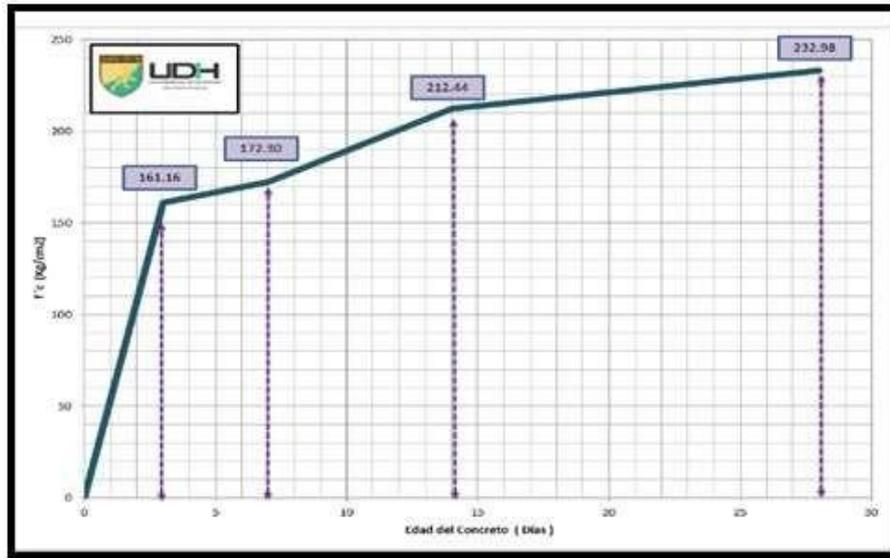
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 55 Evolución del concreto patrón



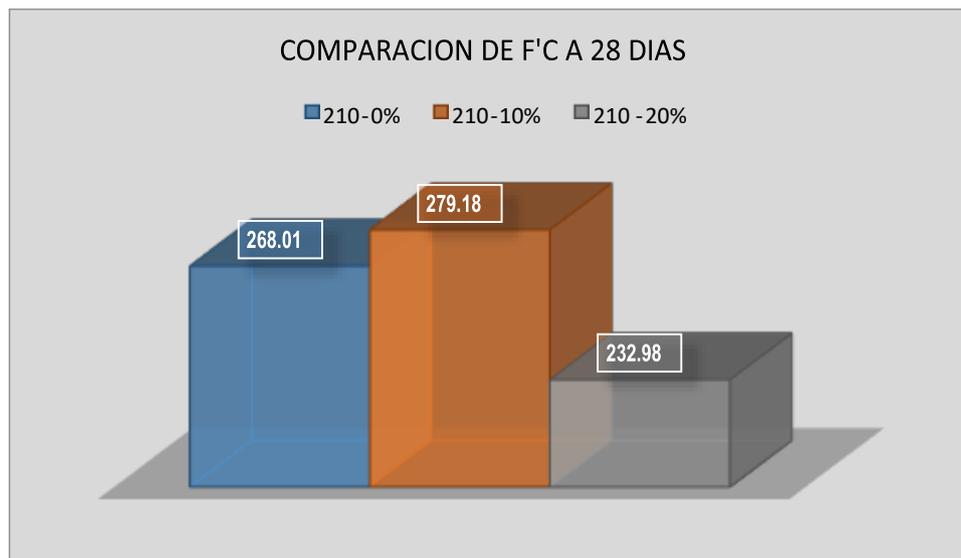
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 56 Evolución del concreto $f'c=210$ Kg/cm² CON 10% de residuo de llantas de caucho



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 57 Evolución del concreto $f'c=210$ Kg/cm² con 20% de res. de llantas de caucho



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 58 Comparación de F'c a 28 días

Como se puede apreciar en los cuadros anteriores hay un incremento de resistencia, pero a edades tardes, es decir a partir de los 28 días. El incremento con respecto al concreto patrón y con 10% de residuos de llantas de caucho es de 11.17 kg/cm², con respecto al empleo de 10% de residuo de llantas de caucho con relación al empleo del 20% de residuos de llantas de caucho hay un decremento de 46.2% kg/cm².

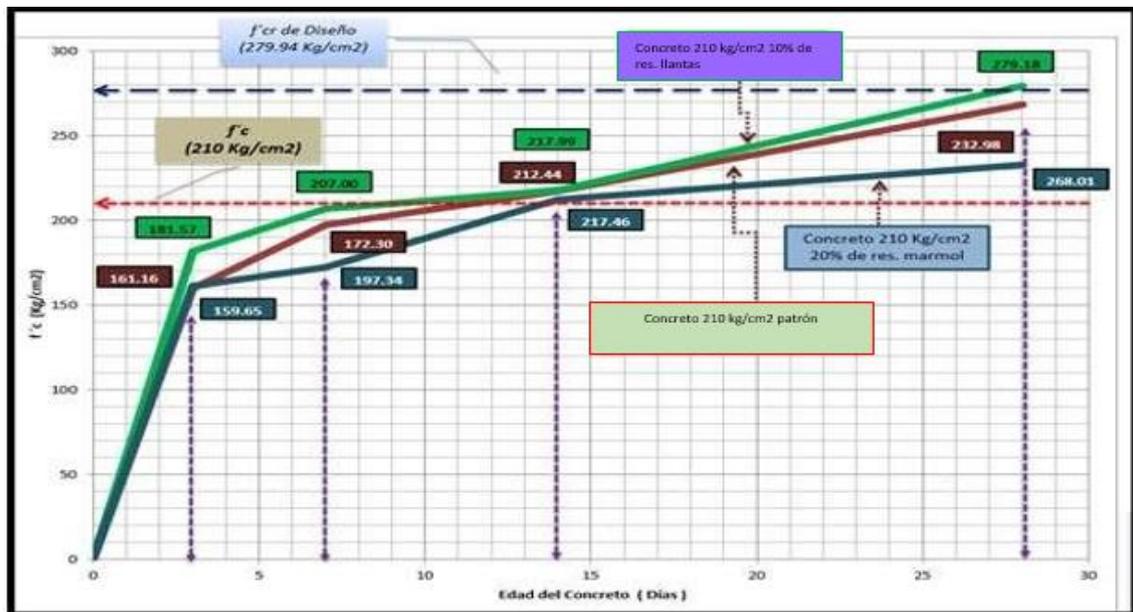
Obteniendo estos resultados se puede afirmar la hipótesis planteada el cual si se evalúa el comportamiento de la resistencia a la compresión de un concreto estructural de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (patrón) reforzado con residuos de llantas de caucho entonces se puede afirmar que se incrementa la resistencia a la compresión del concreto, pero a edades que superan los 28 días.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Hipótesis 01

Ho: Los residuos adicionando de llantas de caucho influye en la resistencia a la compresión del concreto.

Para la comprobación del mismo se muestra el siguiente gráfico:



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 59 Comparación de $f'c$ de concreto patrón y concreto con residuos de llantas de caucho 10% y 20%

Analizando en grafico se aprecia claramente del concreto patrón, concreto con 10% de residuos de llantas de caucho, concreto con 20% de residuos de llantas de caucho a los 3,7,14,28 modifica su magnitud por lo que se afirma que el residuo de llantas de caucho influye en la resistencia a la compresión del concreto.

Hipótesis 02

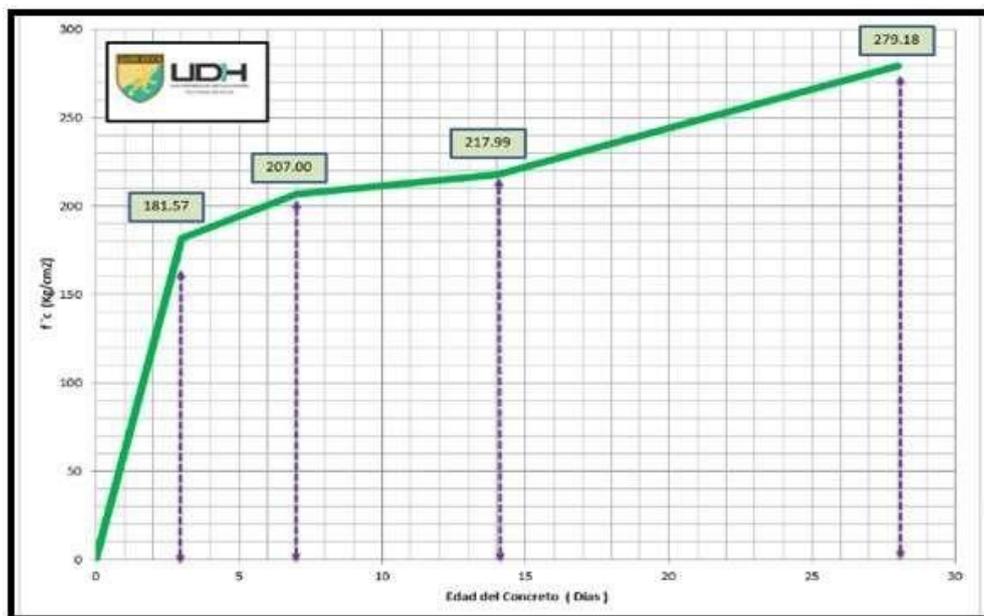
Ho: Los residuos de llantas de caucho aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

Para la comprobación del mismo se van a analizar los siguientes gráficos:



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 60 Comparación de F'c a 28 días



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 61 Evolución del concreto con residuos de llantas de caucho

Con el análisis respectivo se afirma que el residuo de llantas de caucho aumenta la resistencia del concreto, pero a una edad relativamente avanzada (28 días), por lo tanto, afirmamos que:

Los residuos de llantas de caucho aumentan la resistencia a la compresión del concreto.

Hipótesis 03

Ho: Un concreto reforzado con residuos de llantas de caucho será técnica- económicamente factible para su empleo.

Confirmado ya las hipótesis anteriores el cual corrobora que el residuo de llantas de caucho aumenta la resistencia del concreto procederemos a sacar los costos de un concreto de 210 kg/cm²:

Calculo del volumen de

la probeta: 1 molde

(15x30)

1MOLDE 15x30
CALCULO DEL VOLUMEN

π : 3.1416
RADIO: 0.075 m
ALTURA: 0.3 m

FORMULA $V = \pi \cdot \text{Radio}^2 \cdot \text{Altura}$

V= 0.00530145 M3

El volumen de la probeta es 0.005 m³ de mezcla

60 moldes tendrán **0.318** m³ de mezcla

Los requerimientos y costos son los siguientes:

N°	REQUERIMIENTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTOS S/.
01	CEMENTO	190.18	Kg.	94.21
02	AGUA	0.105	M3	0.26
03	AGREGADO GRUESO	332.64	Kg.	20.00
04	AGREGADO FINO	389.76	Kg.	26.60
TOTAL S/.				141.07

Por consiguiente, para preparar 0.318 m³ de mezcla de concreto de 210 kg/cm². Se gasta S/. 141.07

Con lo que respecta a la parte económica el residuo de llantas de caucho, la trituración tiene un costo no muy alto es S/.10.00, el reciclado de llantas es cero el costo debido a que en la ciudad de Huánuco se cuenta tres lugares en donde podemos encontrar este material.

Lo que se afirma que no hay un costo adicional con respecto a la adquisición de residuos de llantas de caucho, debido que es un material que se desecha.

En cuanto a la parte técnica se pudo analizar que técnicamente el concreto elaborado con residuos de llantas de caucho es trabajable.

Por consiguiente, un concreto reforzado con residuos de llantas de caucho si es técnica-económicamente factible para su empleo.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS.

El ensayo de rotura a la compresión a los especímenes de concreto se siguió según la Norma ASTM C 39, donde se determinó que el concreto elaborado con 10% de residuo de llantas de caucho tiene relativamente una mayor resistencia, alcanzando la resistencia de 279.18 kg/cm²; con el concreto patrón se alcanzó una resistencia de 268.01 kg/cm², teniendo una diferencia de 11.17 kg/cm².

En cambio, el concreto con 20% de residuos de llantas de caucho dio como resultado una menor resistencia a comparación del concreto patrón y el concreto con 10% de residuos de llantas de caucho dando un resultado de 232.98 kg/cm².

En ensayo de peso unitario del concreto se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 138, NTP 339.046; donde se determinó que el concreto patrón tiene una media de 2.20 gr/cm³, el concreto con 10% de residuos de llantas de caucho tiene una medida de 2.19 gr/cm³ y el concreto con 20% de residuos de llantas de caucho tiene una medida de 2.17 gr/cm³. En los tres tipos de concretos estudiados el peso unitario no varía mucho.

CONCLUSIONES.

El trabajo desarrollado conlleva a las siguientes conclusiones:

- Como se puede apreciar en el siguiente cuadro, la resistencia a la compresión del concreto elaborado con residuos de llantas de caucho con porcentaje de 0%, 10%, 20 % a los 3, 7, 14, 28 días influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia-% de residuo de llantas de caucho			
EDAD	210 - 0%	210 - 10%	210 - 20%
0	0	0	0
3	159.65	181.57	161.16
7	197.34	207.00	172.30
14	217.46	217.99	212.44
28	268.01	279.18	232.98

- La adición de residuos de llantas de caucho incrementa la resistencia a compresión del concreto. Al añadir 10% de residuos de llantas de caucho a los 28 días alcanzó una resistencia de 279.18 kg/cm². Al agregar 20% de residuos de llantas de caucho disminuye a 232.98 kg/cm².
- En cuanto al aspecto técnico y económico para el empleo de residuos de llantas de caucho en la elaboración del concreto se concluye que tiene la propiedad de trabajabilidad, en cuanto a la parte económica es factible debido que estos residuos de llantas de caucho tienen cero costos, ya que provienen de desechos de transportistas usados como neumáticos de su vehículo.

Finalmente se afirma que la adición de 10 % de residuos de llantas de caucho mejora la resistencia del concreto convencional a los 28 días.

RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones son las siguientes:

- Se recomienda tener cuidado con las lecturas del equipo de rotura, ya que de ello dependerá la exactitud en los resultados y gráficos; la edad de los especímenes tiene que estar bien determinado, se tiene que tener cuidado en el buen centrado de la probeta para realizar el ensayo.
- En cuanto a la adición de residuos de llantas de caucho al concreto se recomienda utilizar el porcentaje de 10%, el cual alcanza hasta 279.18 Kg/cm² a los 28 días, el cual tiene mayor resistencia.
- Se recomienda utilizar los residuos de llantas de caucho en esta línea de investigación, así como investigaciones futuras, debido a que se debe aprovechar este material para contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Como líneas de investigación futuras a esta investigación se recomienda:

- Determinar la durabilidad, impermeabilidad y la resistencia a flexión del concreto elaborado con 10% de residuos de llantas de caucho.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

LIBROS

- GERARDO GARAY ROBLES, JORGE HILARIO CARDENAS, ROSARIO VARGAS RONCAL. (2012). EL PROYECTO DE INVESTIGACION. HUANUCO: UNION GRAFICA.
- ROBERTO B. AVILA ACOSTA. (2001). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. LIMA: MACRO.
- ROBERTO HERNANDES, CARLOS FERNANDEZ, PILAR BAPTISTA. (1998). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. COLOMBIA: MAC GRAW HILL.
- ING. ENRIQUE RIVVA LOPEZ. (2008). MATERIALES PARA EL CONCRETO. LIMA: ICG.
- ING. JUAN EMILIO ORTEGA GARCIA. (2014). DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO. LIMA: MACRO.
- ING. FLAVIO ABANTO CASTILLO. (1996). TECNOLOGIA DEL CONCRETO. LIMA: SAN MARCOS
- A.M. NEVILLE, J.J. BROOKS. (1990). CONCRETE TECHNOLOGY SEGUNDA EDICION. ENGLAND. PEARSON
- ING. ENRIQUE RIVVA LOPEZ. (2002). CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA. LIMA: ICG.
- MORALES M. ROBERTO. (2006). DISEÑO EN CONCRETO ARMADO. PERÚ: ICG.
- EDIFICACIONES (2015). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES ESTRUCTURAS-NORMA E-060. PERÚ: ICG.

REVISTAS

- SANTOS, A.; VILLEGAS ,N.; BETANCOURT, J. (2012). RESIDUO DE LLANTAS DE CAUCHO COMO INSUMO EN LA CONSTRUCCION CIVIL-DIAGNOSTICO DE LA COMARCA LAGUNERA . REVISTA DE LA CONSTRUCCION , 11, 10- 15.
- GLASS MACHINERY PLANTS & ACCESORIES Nº 1 (1995) EL RECICLADO DE LLANTAS DE CAUCHO Y LA CONTAMINACIÓN

AMBIENTAL, PÁGS.93-97.

NORMAS TECNICAS PERUANA

- **NTP 339.036:2011.** CONCRETO. PRACTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE MEZCLAS DE CONCRETO FRESCO.
- **NTP 339.184:2013.** CONCRETO. METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLAS DE CONCRETO.
- **NTP 339.035:2015.** CONCRETO. METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND.
- **NTP 339.046:2008.** (revisada el 2013). HORMIGON (CONCRETO). METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (METODO GRAVIMETRICO) DEL HORMIGON (CONCRETO).
- **NTP 339.081.2011** (REVISADA EL 2016). CONCRETO. METODO DE ENSAYO VOLUMETRICO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE DEL HORMIGON FRESCO ELABORADO CON AGREGADO LIGERO, ESCORIAS Y CUALQUIER OTRO TIPO DE AGREGADO POROSO.
- **NTP 339.033:2015.** CONCRETO. PRACTICA NORMALIZADA PARA LA ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO EN CAMPO.
- **NTP 339.034:2015.** CONCRETO. METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

NORMAS DE LA SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE PARA PRUEBAS Y MATERIALES

- **ASTM C172.** MUESTREO DE CONCRETO FRESCO
- **ASTM C1064.** METODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE TEMPERATURA DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRAULICO RECIEN MEZCLADO.

- **ASTM C143.** METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA ASENTAMIENTO DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRAULICO.
- **ASTM C138.** METODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO, Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DEL CONCRETO.
- **ASTM C173.** METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA DETERMINAR POR EL METODO VOLUMETRICO EL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIENTE MEZCLADO.
- **ASTM C31.** PRACTICA NORMALIZADA PARA PREPARACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE ENSAYO DE CONCRETO EN LA OBRA.
- **ASTM C39.** METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

DISEÑO TEÓRICO.			
PROBLEMA.	OBJETIVOS.	HIPÓTESIS.	VARIABLES.
<p style="text-align: center;">Problema General.</p> <p>¿De qué manera el residuo de llantas de caucho influye en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm² elaborado para elementos estructurales?</p> <p style="text-align: center;">Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera se verá influenciado la resistencia del concreto al adicionar residuos de llantas de caucho? • ¿La resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210$ kg/cm² aumentará o disminuirá con la adición de residuos de llantas de caucho? • ¿La elaboración del concreto de $f'c=210$ kg/cm² añadiendo residuos de llantas de caucho será económicamente adecuada? 	<p style="text-align: center;">Objetivo General.</p> <p>Determinar en qué medida influye los residuos de llanta de caucho en la resistencia de compresión del concreto 210 kg/cm.</p> <p style="text-align: center;">Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con residuos de llantas de caucho. • Determinar si la adición de residuos de llantas de caucho incrementa o disminuye la resistencia a compresión del concreto. • Analizar los beneficios en el uso de residuos de llantas de caucho considerando el aspecto técnico y económico. 	<p style="text-align: center;">Hipótesis General.</p> <p>La adición de residuo de llanta de caucho influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm².</p> <p style="text-align: center;">Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • El residuo de llantas de caucho influye en la resistencia a la compresión del concreto • El residuo de llantas de caucho aumenta la resistencia a la compresión del concreto. • Un concreto reforzado con residuos de llantas de caucho será técnico- económicamente factible para su empleo. 	<p style="text-align: center;">Variable Independiente</p> <p>Resistencia a la compresión del concreto.</p> <p style="text-align: center;">Variable dependiente</p> <p>Residuos de llantas de caucho</p> <p style="text-align: center;">Variable Interviniente</p> <p>Tiempo</p>



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho, Huánuco.

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I				CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO IP														
EDAD DEL CONCRETO : 03 días				Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire Humedo gr.	Peso Aire Seco gr.	Densid.	Carga Máxima Kg-f	Area cm2	f'c Kg / cm2	TIPO DE FALLA		
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Moldeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm			gr/cm3						
1	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	32.24	27.48699	0.02	9250	78.54	117.77	columnar		
2	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3403	2901.31	1.80	13180	78.54	167.81	columnar		
3	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3428	2922.624	1.82	10500	78.54	133.69	aplastada		
4	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3408	2905.573	1.80	14950	78.54	190.35	columnar		
5	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3313	2824.578	1.75	10400	78.54	132.42	columnar		
6	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3458	2948.202	1.83	17630	78.54	224.47	columnar		
7	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3463	2952.464	1.83	10880	78.54	138.53	columnar		
8	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3368	2871.47	1.78	10930	78.54	139.16	columnar		
9	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3354	2859.534	1.78	14480	78.54	184.36	columnar		
10	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3493	2978.042	1.85	12180	78.54	155.08	columnar		
11	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3437	2930.298	1.82	14050	78.54	178.89	columnar		
12	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3455	2945.644	1.83	15620	78.54	198.88	columnar		
13	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3493	2978.042	1.85	14920	78.54	189.97	columnar		
14	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3476	2963.548	1.84	16030	78.54	204.10	columnar		
15	BLOQUES DE CONCRETO	16/06/2019	17/06/2019	10	10	10	10	10	20.5	3518	2999.356	1.86	12480	78.54	158.90	columnar		
												Densidad =	1.70	gr/cm2	f'c =	167.626	Kg/cm2	

ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
6	200	125	37.50 %
7	101	94	6.93 %
8	312	295	5.45 %
9	352	320	9.09 %
			% W = 14.74 %

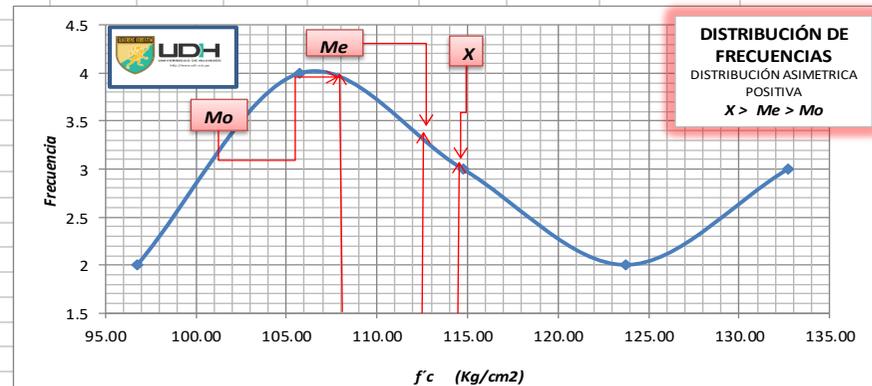
CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades
Rango = (Max-Min) =	44.95	Kg/cm2
Limites de Clases = 1+3.3*log (n) =	4.88	Entonces K =: 5
Ancho de Intervalos (A) =	8.99	Kg/cm2

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

$X/n - (B/n) \wedge 2 = (S \wedge 2) =$	150.10	(Kg/cm2) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S \wedge 2)} = S =$	12.25	Kg/cm2	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	10.68	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.5503		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_i - 1 =$	5.00	Kg/cm2	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	114.75	Kg/cm2	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	112.50	Kg/cm2	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	107.25	Kg/cm2	= Moda (Mo)

f'c	K	Min	Max	f	F	y	f*y	f*y ²	Legenda:
92.27 Kg/cm2	1	92.27	101.26	2	2	96.77	193.53	18727.21	K = Nº intervalos
98.93 Kg/cm2	2	101.26	110.25	4	6	105.76	423.02	44737.24	f = Frecuencia
101.52 Kg/cm2	3	110.25	119.24	3	9	114.75	344.24	39499.98	y = Marca Clase
103.27 Kg/cm2	4	119.24	128.23	2	11	123.74	247.47	30621.32	n = Nº de datos
105.34 Kg/cm2	5	128.23	137.22	3	14	132.73	398.18	52848.92	F = Frec. Acumul.
107.01 Kg/cm2				$\sum f = n =$	14	$\sum f*y =$	1606.445	186434.669	$= \sum f * y^2 = (B)$
108.18 Kg/cm2									
110.86 Kg/cm2									
111.20 Kg/cm2									
117.59 Kg/cm2									
119.57 Kg/cm2									
120.18 Kg/cm2									
132.60 Kg/cm2									
132.77 Kg/cm2									
137.22 Kg/cm2									



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Noviembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica de la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho, Huánuco.

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I			CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO IP													
EDAD DEL CONCRETO : 07 DIAS			Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire Humedo gr.	Peso Aire Seco gr.	Densid.	Carga Máxima Kg-f	Area cm2	f'c Kg / cm2	TIPO DE FALLA	
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm	Humedo gr.	Seco gr.	gr/cm3	Kg-f	cm2	Kg / cm2	
1	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12790	11683.96	7.26	19130	78.54	243.57	Cono
2	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12704	11605.40	7.21	24460	78.54	311.43	Cono
3	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12790	11683.96	7.26	29020	78.54	369.49	Cono
4	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12942	11822.82	7.34	30471	78.54	387.97	Columnar
5	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12917	11799.98	7.33	34070	78.54	433.79	Columnar
6	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13118	11983.60	7.44	34130	78.54	434.56	Columnar
7	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12697	11599.00	7.20	32080	78.54	408.45	Columnar
8	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12860	11747.91	7.30	34130	78.54	434.56	Corte
9	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12898	11782.62	7.32	34000	78.54	432.90	Cono
10	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12584	11495.78	7.14	37400	78.54	476.19	Corte
11	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12800	11693.10	7.26	30970	78.54	394.32	Columnar
12	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12576	11488.47	7.14	29200	78.54	371.79	Corte
13	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12604	11514.05	7.15	32800	78.54	417.62	Columnar
14	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12684	11587.13	7.20	29430	78.54	374.71	Cono
15	BLOQUES DE CONCRETO	17/06/2019	18/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12493	11412.65	7.09	29650	78.54	377.51	Corte
												Densidad = 7.24 gr/cm2	f'c = 391.258 Kg/cm2			

ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
1	120	112	6.67 %
2	101	94	6.93 %
3	405	355	12.35 %
			% W = 8.65 %

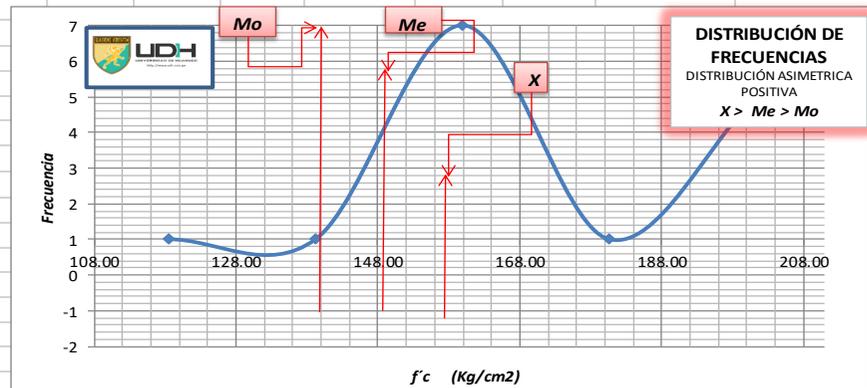
CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades
Rango = (Max-Min) =	103.39	Kg/cm2
Limites de Clases = 1+3.3*log(n) =	4.88	Entonces K =: 5
Ancho de Intervalos (A) =	20.68	Kg/cm2

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

$X/n - (B/n) \wedge 2 = (S \wedge 2) =$	619.48 (Kg/cm2) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S \wedge 2)} = S =$	24.89 Kg/cm2	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	14.56 %	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.6171	= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	5.50 Kg/cm2	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	170.97 Kg/cm2	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	165.85 Kg/cm2	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	159.95 Kg/cm2	= Moda (Mo)

f'c	K	Min	Max	f	F	y	f*y	f*y^2	Legenda:
108.25 Kg/cm2	1	108.25	128.93	1	1	118.59	118.59	14064.08	K = Nº intervalos
137.50 Kg/cm2	2	128.93	149.61	1	2	139.27	139.27	19395.98	f = Frecuencia
163.67 Kg/cm2	3	149.61	170.29	7	4	159.95	1119.63	179080.87	y = Marca Clase
164.14 Kg/cm2	4	170.29	190.96	1	5	180.62	180.62	32625.09	n = Nº de datos
165.43 Kg/cm2	5	190.96	211.64	5	10	201.30	1006.51	202611.53	F = Frec. Acumul.
166.67 Kg/cm2				$\sum f = n =$	15	$\sum f*y =$	2564.62	447777.55	= $\sum f * y^2 = (B)$



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Lantas de Caucho, Huanuco.

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I		CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO IP														
EDAD DEL CONCRETO : 14 DIAS				Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire	Peso Aire	Densid.	Carga Máxima	Area	f'c	TIPO DE FALLA
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm	Humedo gr.	Seco gr.	gr/cm3	Kg-f	cm2	Kg / cm2	
1	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12731	11654.4	7.24	41320	78.54	526.10	Corte
2	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12657	11586.66	7.20	38470	78.54	489.81	Corte
3	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13092	11984.87	7.44	36780	78.54	468.30	Corte
4	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12745	11667.22	7.25	34630	78.54	440.92	Corte
5	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12696	11622.36	7.22	39170	78.54	498.73	Corte
6	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12616	11549.12	7.17	37990	78.54	483.70	Corte
7	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12777	11696.51	7.26	38180	78.54	486.12	Corte
8	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12796	11713.9	7.28	33130	78.54	421.82	Corte
9	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12575	11511.59	7.15	37200	78.54	473.64	Corte
10	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12657	11586.66	7.20	41860	78.54	532.98	Columnar
11	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12672	11600.39	7.20	38940	78.54	495.80	Corte
12	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12680	11607.71	7.21	39540	78.54	503.44	Corte
13	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12927	11833.82	7.35	35360	78.54	450.22	Columnar
14	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12867	11778.9	7.32	34320	78.54	436.97	Columnar
15	BLOQUES DE CONCRETO	19/06/2019	20/06/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13889	12714.47	7.90	36070	78.54	459.26	Columnar
Densidad = 7.29 gr/cm2													f'c= 477.854 Kg/cm2			

ANALISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
1	143	134	6.29 %
2	101	94	6.93 %
3	405	359	11.36 %
4	119	108	9.24 %
% W = 8.46 %			

- 186.23 Kg/cm2
- 192.92 Kg/cm2
- 195.97 Kg/cm2
- 198.77 Kg/cm2
- 202.76 Kg/cm2
- 206.75 Kg/cm2
- 209.81 Kg/cm2
- 214.26 Kg/cm2
- 215.34 Kg/cm2
- 216.97 Kg/cm2
- 219.62 Kg/cm2
- 220.19 Kg/cm2
- 222.27 Kg/cm2
- 233.05 Kg/cm2
- 236.09 Kg/cm2

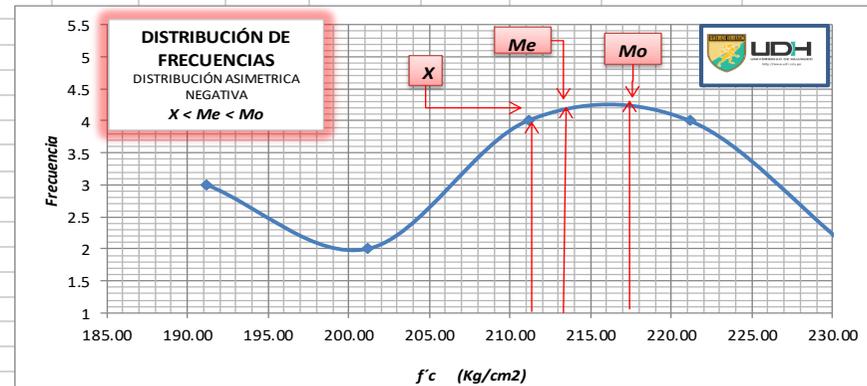
K	Min	Max	f	F	y	f*y	f*y^2	Legenda: K = Nº intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F = Frec. Acumul. $\sum f \cdot y = (B)$
1	186.23	196.20	3	3	191.22	573.66	109694.28	
2	196.20	206.18	2	5	201.19	402.38	80955.36	
3	206.18	216.15	4	9	211.16	844.65	178357.86	
4	216.15	226.12	4	13	221.13	884.53	195600.44	
5	226.12	236.09	2	15	231.11	462.21	106819.23	
$\sum f = n = 15$					$\sum f \cdot y = 3167.43$		$\sum f \cdot y^2 = 671427.17$	

CALCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades	
Rango = (Max-Min) =	49.86	Kg/cm2	
Limites de Clases = $1+3.3 \cdot \log(n)$ =	4.88	Entonces K=:	5
Ancho de Intervalos (A) =	9.97	Kg/cm2	

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION

$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	172.35	(Kg/cm2)^2	= Varianza (S^2)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	13.13	Kg/cm2	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	6.22	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.28483		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 \cdot n - Fi - 1 =$	-1.50	Kg/cm2	
$(\sum f \cdot y) / n = (X) =$	211.16	Kg/cm2	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi \cdot A =$	212.41	Kg/cm2	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) \cdot A =$	216.15	Kg/cm2	= Moda (Mo)



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica de la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho, Huánuco.

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I		CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO IP														
EDAD DEL CONCRETO : 21 DIAS				Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire Humedo gr.	Peso Aire Seco gr.	Densid.	Carga Máxima Kg-f	Area cm2	f'c Kg/cm2	TIPO DE FALLA
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm			gr/cm3				
1	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12825	11854.91	3.27	45200	176.72	255.78	Corte
2	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12602	11648.78	3.22	42830	176.72	242.37	Columnar
3	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12676	11717.18	3.23	43600	176.72	246.72	Columnar
4	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12746	11781.89	3.25	35290	176.72	199.70	Corte
5	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12733	11769.87	3.25	43850	176.72	248.14	Corte
6	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12774	11807.77	3.26	45770	176.72	259.00	Columnar
7	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12705	11743.99	3.24	46050	176.72	260.59	Corte
8	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12944	11964.91	3.30	42650	176.72	241.35	Corte
9	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15.1	15.025	20.5	12642	11685.75	3.22	45460	177.30	256.40	Corte
10	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12709	11747.69	3.24	50420	176.72	285.32	Corte
11	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12759	11793.9	3.26	48060	176.72	271.96	Corte
12	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15.1	15.025	20.5	12903	11927.01	3.28	38820	177.30	218.95	Corte
13	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15.1	15.025	20.5	12871	11897.43	3.27	40760	177.30	229.89	Corte
14	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15	15	15.000	20.5	12952	11972.31	3.30	41080	176.72	232.46	Corte
15	BLOQUES DE CONCRETO	20/06/2019	04/07/2019	15	15	15.1	15	15.025	20.5	12795	11827.18	3.25	43610	177.30	245.96	Corte
												Densidad = 3.26 gr/cm2	f'c= 246.306 Kg/cm2			

ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
1	331	305	7.85 %
2	580	536	7.59 %
3	898	836	6.90 %
4	493	454	7.91 %
			% W = 7.56 %

f'c
199.70 Kg/cm2
218.95 Kg/cm2
229.89 Kg/cm2
232.46 Kg/cm2
241.35 Kg/cm2
242.37 Kg/cm2
245.96 Kg/cm2
246.72 Kg/cm2
248.14 Kg/cm2
255.78 Kg/cm2
256.40 Kg/cm2
259.00 Kg/cm2
260.59 Kg/cm2
271.96 Kg/cm2
285.32 Kg/cm2

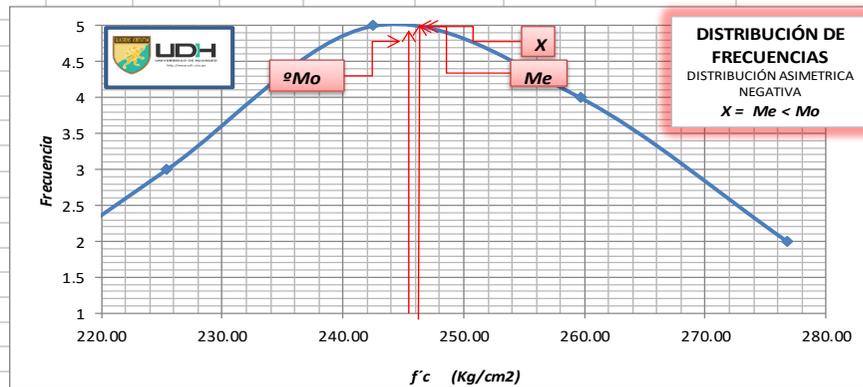
K	Min	Max	f	F	y	f*y	f*y^2	Legenda:
1	199.70	216.82	1	1	208.26	208.26	43373.02	K = Nº intervalos
2	216.82	233.95	3	4	225.39	676.16	152395.88	f = Frecuencia
3	233.95	251.07	5	9	242.51	1212.55	294053.38	y = Marca Clase
4	251.07	268.19	4	13	259.63	1038.53	269636.64	n = Nº de datos
5	268.19	285.32	2	15	276.76	553.51	153188.16	F = Frec. Acumul.
			$\sum f = n = 15$		$\sum f*y = 3689.01$	$\sum f*y^2 = 912647.08$		$\sum f * y^2 = (B)$

CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades
Rango = (Max-Min) =	85.62	Kg/cm2
Limites de Clases = 1+3.3*log(n) =	4.88	Entonces K=: 5
Ancho de Intervalos (A) =	17.12	Kg/cm2

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	359.68 (Kg/cm2)^2	Varianza (S^2)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	18.97 Kg/cm2	Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	7.71 %	Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.0000	Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi-1 =$	3.50 Kg/cm2	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	245.93 Kg/cm2	Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	245.93 Kg/cm2	Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2)*A =$	245.36 Kg/cm2	Moda (Mo)



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica de la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho, Huánuco.

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I			CÁLCULO DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO IP														
EDAD DEL CONCRETO : 28 DIAS			Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire Humedo gr.	Peso Aire Seco gr.	Densid. gr/cm3	Carga Máxima Kg-f	Area cm2	f'c Kg / cm2	TIPO DE FALLA		
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm	Humedo gr.	Seco gr.	gr/cm3	Kg-f	cm2	Kg / cm2		
1	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12956	11990.91	7.45	45080	78.54	573.98	COLUMNAR	
2	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12811	11856.71	7.36	45480	78.54	579.07	COLUMNAR	
3	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12929	11965.92	7.43	48980	78.54	623.63	COLUMNAR	
4	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12846	11889.1	7.38	49710	78.54	632.93	COLUMNAR	
5	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12978	12011.27	7.46	49710	78.54	632.93	COLUMNAR	
6	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	13022	12051.99	7.49	47220	78.54	601.22	COLUMNAR	
7	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12853	11895.58	7.39	50350	78.54	641.07	COLUMNAR	
8	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12900	11939.08	7.42	47470	78.54	604.41	COLUMNAR	
9	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12815	11860.41	7.37	49140	78.54	625.67	COLUMNAR	
10	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12848	11890.95	7.39	53480	78.54	680.93	COLUMNAR	
11	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12752	11802.1	7.33	50920	78.54	648.33	COLUMNAR	
12	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12755	11804.88	7.33	55430	78.54	705.76	COLUMNAR	
13	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12790	11837.27	7.35	49480	78.54	630.00	COLUMNAR	
14	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12736	11787.3	7.32	50080	78.54	637.64	COLUMNAR	
15	BLOQUES DE CONCRETO	05/07/2019	06/07/2019	10	10	10	10	10	20.5	12954	11989.06	7.45	47520	78.54	605.04	COLUMNAR	
Densidad =												7.39	gr/cm2	f'c=	628.172	Kg/cm2	

ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
6	329	305	7.29 %
7	132	122	7.58 %
8	134	124	7.46 %
9	201	186	7.46 %
% W =			7.45 %

f'c
249.83 Kg/cm2
253.13 Kg/cm2
263.33 Kg/cm2
265.34 Kg/cm2
265.45 Kg/cm2
272.97 Kg/cm2
274.77 Kg/cm2
275.03 Kg/cm2
277.04 Kg/cm2
278.79 Kg/cm2
279.75 Kg/cm2
281.81 Kg/cm2
283.69 Kg/cm2
298.24 Kg/cm2
307.18 Kg/cm2

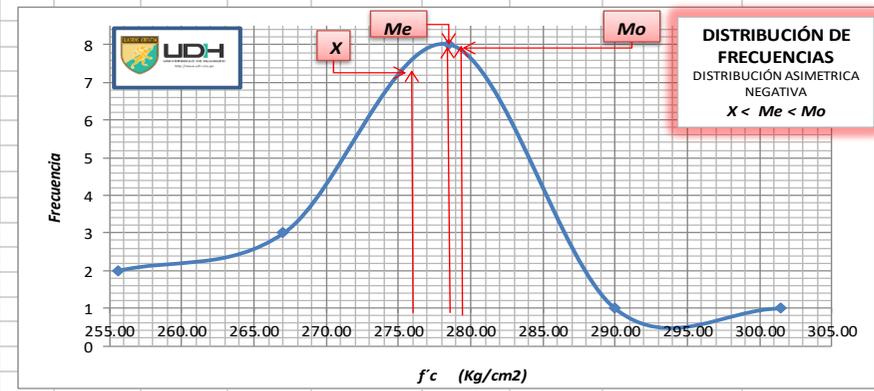
K	Min	Max	f	F	y	f*y	f*y^2	Legenda:
1	249.83	261.30	2	2	255.56	511.12	130623.80	K = Nº intervalos
2	261.30	272.77	3	5	267.03	801.10	213920.73	f = Frecuencia
3	272.77	284.24	8	13	278.51	2228.04	620520.94	y = Marca Clase
4	284.24	295.71	1	14	289.98	289.98	84086.52	n = Nº de datos
5	295.71	307.18	1	15	301.45	301.45	90871.12	F = Frec. Acumul.
∑ f = n =			15		∑ f*y =	4131.69	1140023.11	∑ f * y^2 = (B)

CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades	
Rango = (Max-Min) =	57.36	Kg/cm2	
Limites de Clases = 1+3.3*log(n) =	4.88	Entonces K =:	5
Ancho de Intervalos (C) =	11.47	Kg/cm2	

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

$X/n - (B/n) \wedge 2 = (S^2) =$	131.01	(Kg/cm2)^2	= Varianza (S^2)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	11.45	Kg/cm2	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	4.16	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.2380		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	2.50	Kg/cm2	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	275.45	Kg/cm2	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	276.35	Kg/cm2	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	277.55	Kg/cm2	= Moda (Mo)



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho, I

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I			CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO I															
EDAD DEL CONCRETO : 03 DIAS			Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire Humedo gr.	Peso Aire Seco gr.	Densid.	Carga Máxima Kg-f	Area cm2	f'c Kg/cm2	TIPO DE FALLA			
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm	gr.	gr.	gr/cm3		cm2				
1	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13096	12120.48	7.53	22980	78.54	292.59	Corte		
2	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12779	11827.09	7.35	22360	78.54	284.70	Corte		
3	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13186	12203.78	7.58	23500	78.54	299.21	Corte		
4	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13092	12116.78	7.53	22660	78.54	288.52	Corte		
5	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12947	11982.58	7.44	19450	78.54	247.64	Corte		
6	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12898	11937.23	7.41	22640	78.54	288.26	Corte		
7	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12942	11977.95	7.44	25700	78.54	327.22	Corte		
8	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12950	11985.36	7.44	24600	78.54	313.22	Corte		
9	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12907	11945.56	7.42	24420	78.54	310.92	Corte		
10	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13000	12031.63	7.47	24300	78.54	309.40	Corte		
11	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12712	11765.08	7.31	20990	78.54	267.25	Corte		
12	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12947	11982.58	7.44	26050	78.54	331.68	Corte		
13	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12920	11957.59	7.43	25580	78.54	325.69	Corte		
14	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12844	11887.25	7.38	23800	78.54	303.03	Corte		
15	BLOQUES DE CONCRETO	08/07/2019	09/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12900	11939.08	7.42	22650	78.54	288.39	Corte		
Densidad =											7.44	gr/cm2		f'c=		298.515	Kg/cm2	

ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso		%
	Humedo	Seco	
6	329	305	7.29 %
7	132	122	7.58 %
8	134	124	7.46 %
9	201	186	7.46 %
% W =			7.45 %

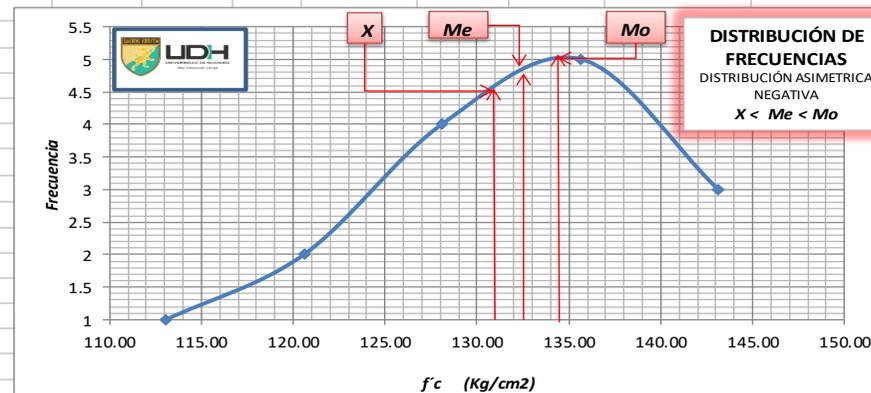
CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades
Rango = (Max-Min) =	37.59	Kg/cm2
Limites de Clases = 1+3.3*log(n) =	4.88	Entonces K = 5
Ancho de Intervalos (A) =	7.52	Kg/cm2

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	74.35	(Kg/cm2) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	8.62	Kg/cm2	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	6.55 %		= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.3487		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	0.50	Kg/cm2	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	131.64	Kg/cm2	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	132.64	Kg/cm2	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	134.39	Kg/cm2	= Moda (Mo)

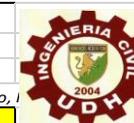
K	f'c		f	F	y	f*y	f*y^2	Leyenda:
	Min	Max						
1	109.33	116.85	1	1	113.09	113.09	12790.01	K = Nº intervalos
2	116.85	124.37	2	3	120.61	241.22	29093.83	f = Frecuencia
3	124.37	131.89	4	7	128.13	512.51	65667.38	y = Marca Clase
4	131.89	139.40	5	12	135.65	678.23	91999.03	n = Nº de datos
5	139.40	146.92	3	15	143.16	429.49	61487.39	F = Frec. Acumul.
$\sum f = n =$			15		$\sum f*y =$	1974.55	$\sum f * y^2 = (B)$	



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho,

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I				CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO I												
EDAD DEL CONCRETO : 03 DIAS				Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire	Peso Aire	Densid.	Carga Máxima	Area	f'c	TIPO DE FALLA
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm	Humedo gr.	Seco gr.	gr/cm3	Kg-f	cm2	Kg / cm2	
1	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	11670	10978.86	6.82	29030	78.54	369.62	Corte
2	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	11105	10447.33	6.49	33390	78.54	425.13	Corte
3	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12105	11388.10	7.07	33120	78.54	421.70	Corte
4	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13005	12234.80	7.60	36140	78.54	460.15	Corte
5	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13999	13169.93	8.18	32230	78.54	410.36	Corte
6	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13143	12364.63	7.68	35690	78.54	454.42	Corte
7	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12628	11880.13	7.38	39100	78.54	497.84	Corte
8	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12860	12098.39	7.51	41830	78.54	532.59	Corte
9	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12826	12066.40	7.49	38430	78.54	489.30	Corte
10	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13018	12247.03	7.61	32640	78.54	415.58	Corte
11	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12919	12153.89	7.55	39760	78.54	506.24	Corte
12	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13013	12242.33	7.60	34710	78.54	441.94	Corte
13	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13033	12261.14	7.62	35040	78.54	446.14	Corte
14	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12937	12170.83	7.56	42600	78.54	542.40	Corte
15	BLOQUES DE CONCRETO	10/07/2019	11/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12970	12201.87	7.58	31200	78.54	397.25	Corte
													Densidad = 7.45 gr/cm2	f'c= 454.045 Kg/cm2		

ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
8	641	610	4.84 %
9	180	169	6.11 %
10	126	116	7.94 %
11	437	416	4.81 %
			% W = 5.92 %

f'c	K	Min	Max	f	F	y	f*y	f*y^2
163.19 Kg/cm2	1	163.19	178.44	2	2	170.81	341.63	58354.97
175.97 Kg/cm2	2	178.44	193.70	4	6	186.07	744.28	138488.73
181.17 Kg/cm2	3	193.70	208.95	4	4	201.33	805.31	162129.52
184.09 Kg/cm2	4	208.95	224.21	3	7	216.58	649.75	140724.25
185.56 Kg/cm2	5	224.21	239.47	2	9	231.84	463.68	107498.57
187.69 Kg/cm2								
195.12 Kg/cm2								
197.63 Kg/cm2								
201.29 Kg/cm2								
203.15 Kg/cm2								
216.03 Kg/cm2								
219.06 Kg/cm2								
223.50 Kg/cm2								
234.36 Kg/cm2								
239.47 Kg/cm2								
				$\sum f = n = 15$		$\sum f*y = 3004.64$		$\sum f*y^2 = (B)$

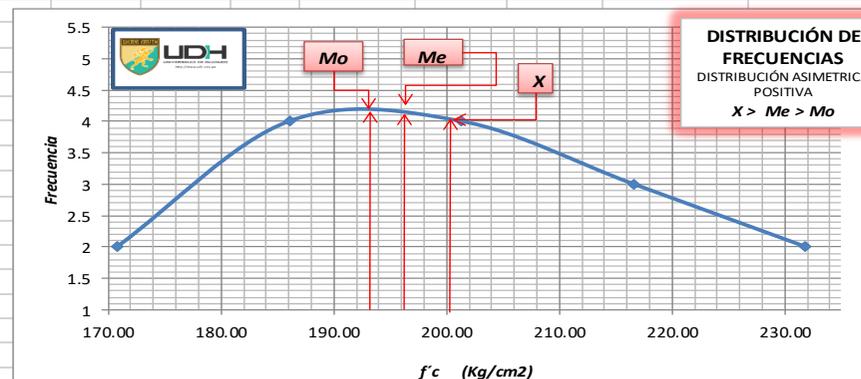
Legenda:
 K = Nº intervalos
 f = Frecuencia
 y = Marca Clase
 n = Nº de datos
 F = Frec. Acumul.
 $\sum f*y = (B)$

CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades	
Rango = (Max-Min) =	76.28	Kg/cm2	
Limites de Clases = 1+3.3*log (n) =	4.88	Entonces K=:	5
Ancho de Intervalos (A) =	15.26	Kg/cm2	

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

$X/n - (B/n) \wedge 2 = (S \wedge 2) =$	355.85	(Kg/cm2)^2	= Varianza (S^2)
$\sqrt{(S \wedge 2)} = S =$	18.86	Kg/cm2	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	9.42 %		= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.7603		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	1.50	Kg/cm2	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	200.31	Kg/cm2	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	195.53	Kg/cm2	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	193.70	Kg/cm2	= Moda (Mo)



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho, I

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I				CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO I												
EDAD DEL CONCRETO : 07 DIAS				Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire Humedo gr.	Peso Aire Seco gr.	Densid. gr/cm3	Carga Máxima Kg-f	Area cm2	f'c Kg/cm2	TIPO DE FALLA
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm							
1	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12983	11677.3	7.25	45020	78.54	573.21	Corte
2	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12828	11537.89	7.17	42680	78.54	543.42	Corte
3	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13081	11765.44	7.31	40460	78.54	515.15	Corte
4	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12774	11489.32	7.14	47220	78.54	601.22	Corte
5	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13114	11795.12	7.33	36540	78.54	465.24	Corte
6	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13090	11773.54	7.31	38360	78.54	488.41	Corte
7	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12934	11633.23	7.23	44020	78.54	560.48	Corte
8	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12997	11689.89	7.26	39040	78.54	497.07	Corte
9	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12908	11609.84	7.21	44470	78.54	566.21	Corte
10	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12918	11618.84	7.22	44790	78.54	570.28	Columnar
11	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13111	11792.43	7.32	49650	78.54	632.16	Corte
12	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13169	11844.59	7.36	47950	78.54	610.52	Corte
13	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13168	11843.69	7.36	51870	78.54	660.43	Columnar
14	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13044	11732.16	7.29	42370	78.54	539.47	Columnar
15	BLOQUES DE CONCRETO	13/07/2019	14/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12754	11471.33	7.12	40580	78.54	516.68	Columnar
Densidad = 7.26 gr/cm2													f'c = 555.997 Kg/cm2			

ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
9	693	592	14.57 %
10	221	203	8.14 %
11	416	385	7.45 %
12			
% W = 10.06 %			

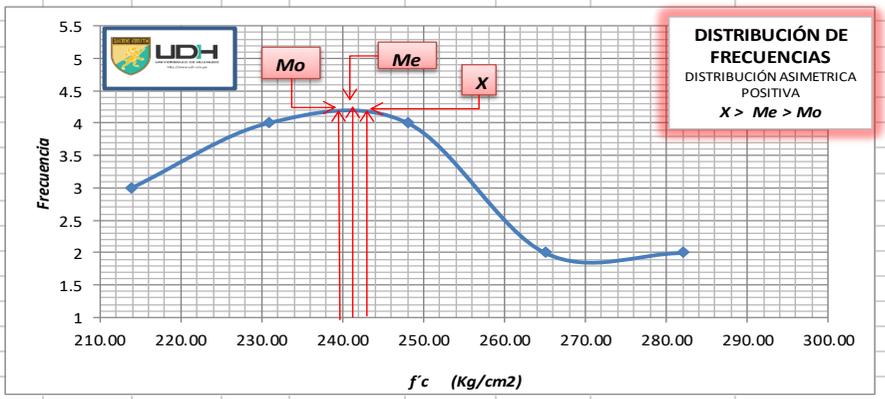
f'c	K	Min	Max	f	F	y	f*y	f*y^2	Legenda: K = Nº intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F = Frec. Acumul. Σ f*y = (B)
205.40 Kg/cm2	1	205.40	222.44	3	3	213.92	641.7684	137288.8945	
215.63 Kg/cm2	2	222.44	239.49	4	7	230.96	923.8577	213378.2604	
220.19 Kg/cm2	3	239.49	256.53	4	11	248.01	992.0242	246027.9968	
228.87 Kg/cm2	4	256.53	273.57	2	13	265.05	530.0953	140500.5342	
228.96 Kg/cm2	5	273.57	290.61	2	15	282.09	564.1786	159148.7377	
238.33 Kg/cm2		Σ f = n = 15				Σ f*y = 3651.924		896344.4236	Σ f*y^2 = (B)

CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades
Rango = (Max-Min) =	85.21	Kg/cm2
Limites de Clases = 1+3.3*log (n) =	4.88	Entonces K =: 5
Ancho de Intervalos (A) =	17.04	Kg/cm2

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	482.74	(Kg/cm2)^2	= Varianza (S^2)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	21.97	Kg/cm2	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	9.02 %		= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.2521		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i - 1 =$	0.50	Kg/cm2	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	243.46	Kg/cm2	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	241.62	Kg/cm2	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2)*A =$	239.49	Kg/cm2	= Moda (Mo)



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho, I

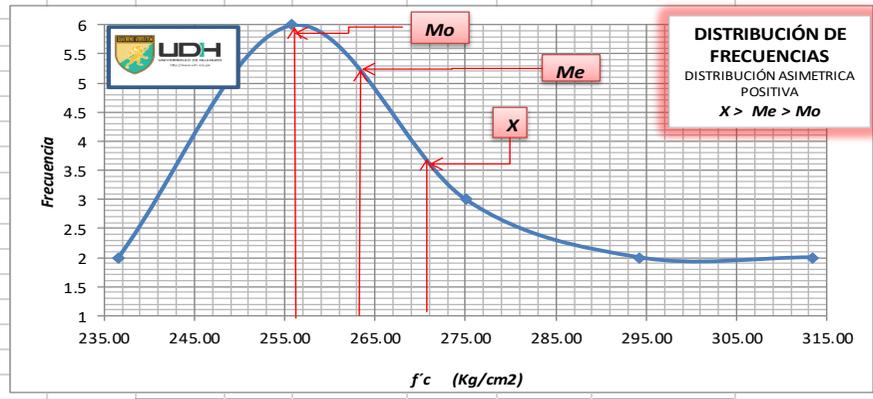
TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I				CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO I											TIPO DE FALLA	
EDAD DEL CONCRETO : 14 DIAS				Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire		Densid.	Carga Máxima	Area		f'c
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm	Humedo gr.	Seco gr.	gr/cm3	Kg-f	cm2	Kg / cm2	
1	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12979	12215.12	7.59	50250	78.54	639.80	Corte
2	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13199	12422.17	7.72	47790	78.54	608.48	Corte
3	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13066	12297	7.64	46230	78.54	588.62	Corte
4	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12883	12124.77	7.53	47370	78.54	603.13	Corte
5	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13138	12364.76	7.68	46520	78.54	592.31	Corte
6	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12968	12204.77	7.58	56170	78.54	715.18	Corte
7	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13269	12488.05	7.76	40110	78.54	510.70	Corte
8	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13025	12258.41	7.61	42650	78.54	543.04	Corte
9	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13082	12312.06	7.65	52270	78.54	665.52	Corte
10	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13112	12340.29	7.66	46900	78.54	597.15	Corte
11	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13038	12270.65	7.62	45930	78.54	584.80	Corte
12	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12988	12223.59	7.59	50860	78.54	647.57	Corte
13	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	13028	12261.24	7.62	44510	78.54	566.72	Corte
14	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12921	12160.53	7.55	57090	78.54	726.89	Corte
15	BLOQUES DE CONCRETO	16/07/2019	17/07/2019	10	10	10	10	10.000	20.5	12870	12112.53	7.52	46670	78.54	594.22	Corte
												Densidad = 7.62 gr/cm2	f'c= 612.274 Kg/cm2			

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
1	177	166	6.21 %
2	303	304	-0.33 %
3	367	336	8.45 %
4	152	138	9.21 %
			% W = 5.89 %

f'c	K	Min	Max	f	F	y	f*y	f*y^2	Leyenda: K = Nº intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F = Frec. Acumul. $\sum f = n$ $\sum f * y =$ $\sum f * y^2 = (B)$
226.98	1	226.98	246.19	2	2	236.58	473.17	111944.29	
241.35	2	246.19	265.41	6	8	255.80	1534.81	392607.10	
251.04	3	265.41	284.63	3	11	275.02	825.06	226906.51	
259.91	4	284.63	303.85	2	13	294.24	588.47	173150.22	
260.74	5	303.85	323.06	2	15	313.45	626.91	196506.65	
263.22		$\sum f = n = 15$				$\sum f * y = 4048.42$		$\sum f * y^2 = 1101114.78$	

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades
Rango = (Max-Min) =	96.09	Kg/cm2
Limites de Clases = 1+3.3*log (n) =	4.88	Entonces K =: 5
Ancho de Intervalos (A) =	19.22	Kg/cm2

$X/n - (B/n) \wedge 2 = (S \wedge 2) =$	564.63	(Kg/cm2) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S \wedge 2)} = S =$	23.76	Kg/cm2	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	8.80	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.7683		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	5.50	Kg/cm2	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	269.89	Kg/cm2	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	263.81	Kg/cm2	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	257.17	Kg/cm2	= Moda (Mo)



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL: Estudio Experimental de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho,

TIPO DE CEMENTO : PORTLAND TIPO I				CÁLCULOS DE RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL CONCRETO (f'c) - CEMENTO ANDINO TIPO I												
EDAD DEL CONCRETO : 28 DIAS				Diam. Sup.		Diam. Inf.		D.Prom	Altura	Peso Aire	Peso Aire	Densid.	Carga Máxima	Area	f'c	TIPO DE FALLA
Nº	ELEMENTO ESTRUCTURAL	F. Modeo	F. Prueba	D1	D2	D1	D2	cm	cm	Humedo gr.	Seco gr.	gr/cm3	Kg-f	cm2	Kg / cm2	
1	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12754	11803.96	7.33	49930	78.54	635.73	COLUMNAR
2	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12872	11913.17	7.40	45760	78.54	582.63	COLUMNAR
3	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12973	12006.64	7.46	56450	78.54	718.74	COLUMNAR
4	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	13068	12094.57	7.51	54790	78.54	697.61	COLUMNAR
5	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12954	11989.06	7.45	51690	78.54	658.14	COLUMNAR
6	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12703	11756.75	7.30	52350	78.54	666.54	COLUMNAR
7	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	13017	12047.36	7.48	51460	78.54	655.21	COLUMNAR
8	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12754	11803.96	7.33	53380	78.54	679.65	COLUMNAR
9	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12950	11985.36	7.44	53750	78.54	684.36	COLUMNAR
10	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12807	11853.01	7.36	56590	78.54	720.52	COLUMNAR
11	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12826	11870.59	7.37	52120	78.54	663.61	COLUMNAR
12	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	13033	12062.17	7.49	51540	78.54	656.23	COLUMNAR
13	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12828	11872.44	7.37	54000	78.54	687.55	COLUMNAR
14	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12799	11845.6	7.36	53300	78.54	678.64	COLUMNAR
15	BLOQUES DE CONCRETO	17/11/2019	18/11/2019	10	10	10	10	10	20.5	12722	11774.34	7.31	52070	78.54	662.97	COLUMNAR
Densidad = 7.40 gr/cm2												f'c = 669.875 Kg/cm2				

ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Numero Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	% Humedad
6	329	305	7.29 %
7	132	122	7.58 %
8	134	124	7.46 %
9	201	186	7.46 %
% W =			7.45 %

f'c
254.52 Kg/cm2
280.95 Kg/cm2
287.17 Kg/cm2
288.74 Kg/cm2
290.01 Kg/cm2
291.15 Kg/cm2
292.04 Kg/cm2
292.98 Kg/cm2
297.39 Kg/cm2
297.73 Kg/cm2
301.54 Kg/cm2
301.54 Kg/cm2
307.58 Kg/cm2
313.98 Kg/cm2
318.21 Kg/cm2

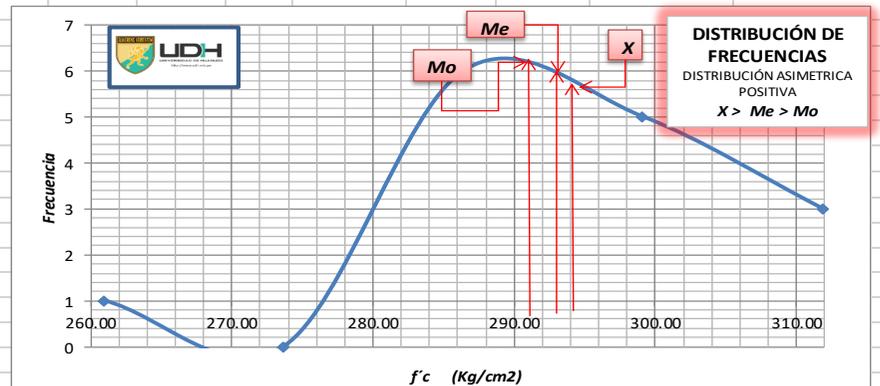
K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y^2	Legenda: K = Nº intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = Nº de datos F = Frec. Acumul. Σ f * y^2 = (B)
1	254.52	267.26	1	1	260.89	260.89	68062.03	
2	267.26	280.00	0	1	273.63	0.00	0.00	
3	280.00	292.74	6	7	286.37	1718.20	492032.69	
4	292.74	305.48	5	12	299.11	1495.53	447320.19	
5	305.48	318.21	3	15	311.84	935.53	291741.65	
Σ f = n =			15		Σ f * y =		4410.14	1299156.57

CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Numero de Muestras (n) =	15	Unidades	
Rango = (Max-Min) =	63.70	Kg/cm2	
Limites de Clases = 1+3.3*log(n) =	4.88	Entonces K =:	5
Ancho de Intervalos (C) =	12.74	Kg/cm2	

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN

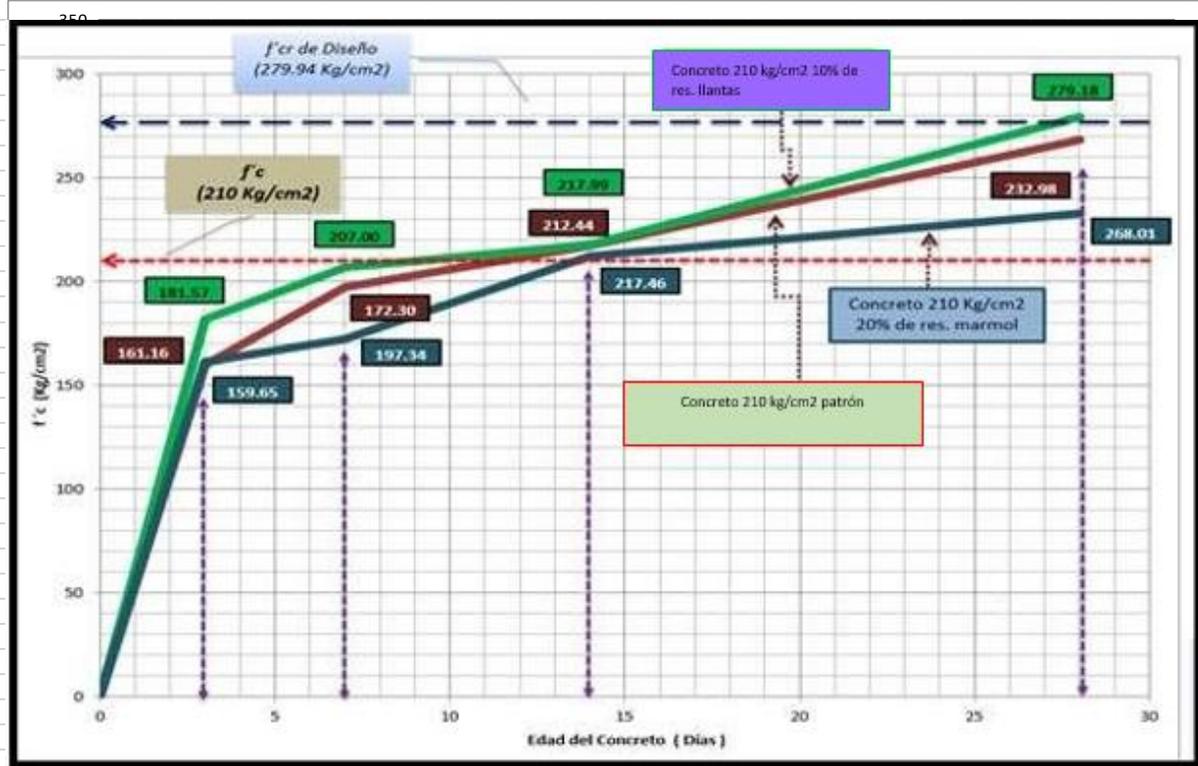
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	168.79	(Kg/cm2)^2	'= Varianza (S^2)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	12.99	Kg/cm2	'= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	4.42	%	'= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.0490		'= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	6.50	Kg/cm2	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	294.01	Kg/cm2	'= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	293.80	Kg/cm2	'= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	290.92	Kg/cm2	'= Moda (Mo)



RESPONSABLE : Huánuco - Perú - Diciembre del 2019

CEMENTO ANDINO		
EDAD	f'c Tipo I	f'c Tipo IP
0	0	0
1	131.64	107.25
3	193.70	159.95
7	239.49	211.16
14	269.89	245.36
28	290.92	275.45

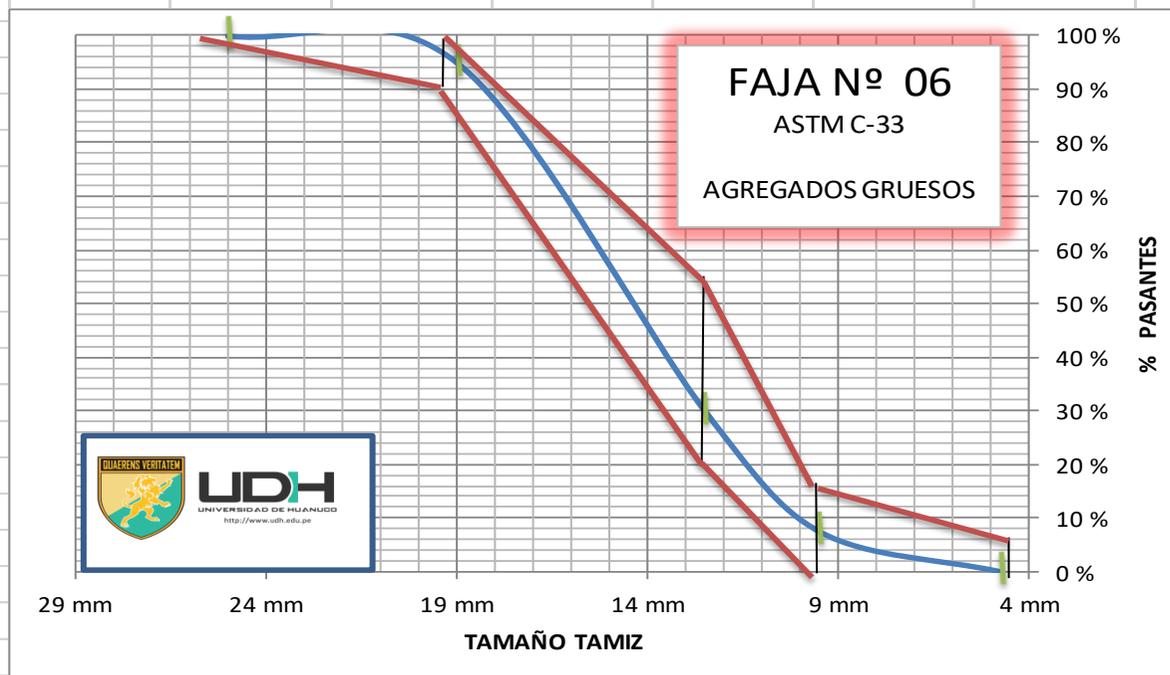
DESARROLLO DE LA RESISTENCIA ESPECIFICA DEL CONCRETO (f'c) Concretos elaborados con residuos de llantas de caucho



DOSIFICACION DE GRANULOS PARA CUMPLIR LA FAJA NRO 06 - ASTM

ANALISIS PARA GRANULOMETRIA CON 25 KILOS

Pasante	Retenido	30000 gr	Tamiz	Retenid	Acumulado	Pasante	Tamiz	Pasante
100.00 %	0.00 %	0 gr	1 "	0.00 %	0.00 %	100.00 %	25 mm	100 %
95.00 %	5.00 %	1500.0 gr	3/4 "	5.00 %	5.00 %	95.00 %	19 mm	95.0 %
30.00 %	65.00 %	19500.0 gr	1/2 "	65.00 %	70.00 %	30.00 %	13 mm	30.0 %
7.50 %	22.50 %	6750.0 gr	3/8 "	22.50 %	92.50 %	7.50 %	10 mm	7.5 %
0.00 %	7.50 %	2250.0 gr	Nro 4	7.50 %	100.00 %	0.00 %	5 mm	0.0 %



PANEL FOTOGRAFICO



IMAGEN N°01: en la imagen se observa el material de agregado fino y grueso para elaborar el concreto convencional.



IMAGEN N°02: se extrae una muestra para realizar el ensayo de granulometría.

IMAGEN N°03: realizando el cuarteo, para seleccionar y realizar el ensayo respectivo.





IMAGEN N°04: a continuación, se procede a realizar el ensayo de granulometría del material selecto. Dicho ensayo se realiza en el laboratorio de la UNIVERSIDAD DE HUANUCO.



IMAGEN N°05: se realiza el peso respectivo, agregado grueso.

IMAGEN N°05: se realiza el peso respectivo, agregado fino.





IMAGEN N°05: se añadirá un 10 % y 20% de fino de reciclado de llantas de caucho.



IMAGEN N°06: en la imagen se observa agregado listo para la elaboración del concreto con resistencia 210 kg/cm².

IMAGEN N°07: en la imagen se observa el proceso de preparación de la mezcla para un concreto de resistencia 210 kg/cm².





IMAGEN N°08: se procede a añadir agua con una probeta graduada para una resistencia del concreto 210 kg/cm².

IMAGEN N°09: a continuación, se realiza e ensayo de cono de abrams, se realiza el varillado como lo indica la norma ASTM.



IMAGEN N°10: se realiza la prueba del Slump, también conocida como una prueba de revenimiento. Con la finalidad de aprobar que cumpla con la fluidez, usando el procedimiento de la norma NTP 339.035 o ASTM C-143.



IMAGEN N°11: elaboración y terminado de probetas cilíndricas, para luego ser ensayadas a los 3, 7, 14, 21 y 28 días de acuerdo a la norma NTP 339.033 o ASTM C-31.



IMAGEN N°12: se aprecia el llenado de concreto en las probetas, para luego ser desalojadas y se procedería a realizar el curado.



IMAGEN N°13: se procede a realizar el curado del concreto, considerando la norma NTP 339.033 o ASTM C-31



IMAGEN N°14: testigos para ensayos de resistencia de acuerdo a la norma peruana NTP 339.033 o ASTM C-31.



IMAGEN N°15: la prueba consiste en aplicar la fuerza sobre la probeta a las cuales se les pone una plantilla de azufre para que la presión sea uniforme, de esta manera se monitorea la resistencia ante la presión del concreto, presentándose una falla de

IMAGEN N°16: en la imagen se aprecia las fallas que resultaron al someterlos a ensayo a la compresión.



IMAGEN N°17: en la imagen se aprecia realizando el peso seco de los testigos. Para el análisis de contenido de humedad.

