



FACULTAD DE **INGENIERÍA**

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL 11%, 12%, 13% Y 14% DE PARTÍCULAS DE NEUMÁTICO FUERA DE USO EN LA RESISTENCIA AXIAL, A FLEXIÓN Y TRACCIÓN INDIRECTA DE UN CONCRETO $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$, EMPLEANDO LA NORMA TÉCNICA, LIMA - 2022.

Tesis para Optar el Título Profesional de:
Ingeniero Civil

Autor:
Jamin Santiago Ramirez

Asesor:
Mg. Ing. Manuel Jesus Salas Paulet

Lima - Perú
2022

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Mg. Ing. Manuel Jesus Salas Paulet, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

JAMIN SANTIAGO RAMIREZ

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: INFLUENCIA DEL 11%, 12%, 13% Y 14% DE PARTÍCULAS DE NEUMÁTICO FUERA DE USO EN LA RESISTENCIA AXIAL, A FLEXIÓN Y TRACCIÓN INDIRECTA DE UN CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$, EMPLEANDO LA NORMA TÉCNICA, LIMA - 2022, para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al interesado para su presentación.

Mg. Ing. Manuel Jesus Salas Paulet

Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Jamin Santiago Ramirez, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: INFLUENCIA DEL 11%, 12%, 13% Y 14% DE PARTÍCULAS DE NEUMÁTICO FUERA DE USO EN LA RESISTENCIA AXIAL, A FLEXIÓN Y TRACCIÓN INDIRECTA DE UN CONCRETO $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$, EMPLEANDO LA NORMA TÉCNICA, LIMA - 2022.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

DEDICATORIA

A mi hijo,
Max Kaled Santiago Bocanegra.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Privada del Norte, por todas las enseñanzas que recibí para mi formación profesional, así mismo por brindarme servicios de bibliotecarios.

Así mismo se agradece a los propietarios de los buscadores académicos por la información disponible en la web; los cuales hicieron posible el desarrollo de la tesis.

Seguido se agradece al asesor, el Mg. Ing. Manuel Jesus Salas Paulet, por la asesoría constante, mediante el cual se pudo concluir con la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	3
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO	6
ÍNDICE DE CONTENIDOS	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	15
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	18
1.1. Realidad problemática.....	18
1.2. Formulación del problema	22
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos	22
1.4. Hipótesis.....	23
1.4.1. Hipótesis general	23
1.4.2. Hipótesis específicas.....	23

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	25
2.1. Materiales.....	29
2.1.1. Agregado Grueso de la Cantera Chillico.	29
2.1.2. Agregado Fino de la Cantera Chillico.	29
2.1.3. Neumáticos Fuera de Uso del parque automotor (NFU).	29
2.1.4. Agua Potabilizada.	30
2.1.5. Cemento Portland Tipo I fabricado por Cemento Andino.	30
2.2. Instrumentos	30
2.3. Métodos.....	32
2.3.1. Estadística Descriptiva.....	32
2.3.2. Inferencia Estadística.....	32
2.3.3. Contraste de Hipótesis.....	32
2.4. Procedimiento	33
2.4.1. Adquisición y Ensayo de Materiales	34
2.4.2. Diseño de Mezcla	55
2.4.3. Preparación del Concreto	106
2.4.4. Elaboración de Probetas.....	106
2.4.5. Codificación de Probetas	108
2.4.6. Curado de Probetas.....	109
2.4.7. Ensayos de Probetas	109
2.4.8. Análisis de Resultados	109
2.4.9. Costo unitario de materiales.....	109
2.4.10. Elaboración de Informe.....	110

CAPÍTULO III: RESULTADOS	111
3.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión	111
3.1.1. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$	111
3.1.2. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 11\%\text{NFU}$	113
3.1.3. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 12\%\text{NFU}$	115
3.1.4. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 13\%\text{NFU}$	117
3.1.5. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 14\%\text{NFU}$	119
3.2. Ensayo de Resistencia a la Flexión	121
3.2.1. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$	121
3.2.2. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 11\%\text{NFU}$	122
3.2.3. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 12\%\text{NFU}$	123
3.2.4. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 13\%\text{NFU}$	124
3.2.5. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 14\%\text{NFU}$	125
3.3. Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta	126
3.3.1. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$	126
3.3.2. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 11\%\text{NFU}$	127
3.3.3. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 12\%\text{NFU}$	128
3.3.4. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 13\%\text{NFU}$	129
3.3.5. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 14\%\text{NFU}$	130
3.4. Costos unitarios de materiales para concretos	131
3.4.1. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$	131
3.4.2. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 11\%\text{NFU}$	132
3.4.3. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 12\%\text{NFU}$	133

3.4.4. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 13\% \text{NFU}$	134
3.4.5. Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 14\% \text{NFU}$	135
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	136
4.1. Discusión	136
4.1.1. Resistencia a la Compresión Axial	136
4.1.2. Resistencia a la Flexión	142
4.1.3. Resistencia a la Tracción Indirecta	144
4.1.4. Costos unitarios de materiales para concretos.....	146
4.2. Conclusiones	148
4.2.1. Resistencia a la Compresión Axial	148
4.2.2. Resistencia a la Flexión	149
4.2.3. Resistencia a la Tracción Indirecta	149
4.2.4. Costos unitarios de materiales para concretos.....	150
4.3. Recomendaciones	150
REFERENCIAS	151
ANEXOS	155
A.1. Ensayo de resistencia a la compresión axial	155
A.2. Ensayo de resistencia a la flexión	155
A.3. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta	155
A.4. Costos unitarios de materiales para concretos	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables Independientes	26
Tabla 2 Variables Dependientes	26
Tabla 3 Matriz de Diseño Cuasi Experimental.....	27
Tabla 4 Granulometría del Agregado Grueso.....	37
Tabla 5 Granulometría del Agregado Fino.....	43
Tabla 6 Límites Permisibles para Ensayo de Agua de Mezclado.....	53
Tabla 7 Requisitos del Cemento Portland Tipo I.....	54
Tabla 8 Propiedades del Cemento Tipo I.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interacción de la Investigación (Fuente: Elaboración Propia).....	25
Figura 2. Procedimiento	33
Figura 3. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso (Fuente: Elaboración Propia)	36
Figura 4. Análisis Granulométrico del Agregado Fino (Fuente: Elaboración Propia)	42
Figura 5. Cemento Portland Tipo I (Fuente: Cemento Andino).....	54
Figura 6. Probeta cilíndrica (Fuente: Elaboración Propia).....	107
Figura 7. Probeta prismática (Fuente: Elaboración Propia)	107
Figura 8. Probeta cilíndrica (Fuente: Elaboración Propia).....	108
Figura 9. Codificación de probetas (Fuente: Elaboración Propia).....	109
Figura 10. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ (Fuente: Elaboración Propia).....	111
Figura 11. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 +$ 11%NFU (Fuente: Elaboración Propia)	113
Figura 12. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 +$ 12%NFU (Fuente: Elaboración Propia)	115
Figura 13. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 +$ 13%NFU (Fuente: Elaboración Propia)	117
Figura 14. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 +$ 14%NFU (Fuente: Elaboración Propia)	119

Figura 15. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ (Fuente: Elaboración Propia).....	121
Figura 16. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 11\% \text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia).....	122
Figura 17. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 12\% \text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia).....	123
Figura 18. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 13\% \text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia).....	124
Figura 19. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 14\% \text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia).....	125
Figura 20. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ (Fuente: Elaboración Propia).....	126
Figura 21. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 11\% \text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia)	127
Figura 22. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 12\% \text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia)	128
Figura 23. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 13\% \text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia)	129
Figura 24. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 14\% \text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia)	130
Figura 25. Costos unitarios de materiales para Concreto $f_c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ (Fuente: Elaboración Propia)	131

Figura 26. Costos unitarios de materiales para Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 11\%\text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia).....	132
Figura 27. Costos unitarios de materiales para Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 12\%\text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia).....	133
Figura 28. Costos unitarios de materiales para Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 13\%\text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia).....	134
Figura 29. Costos unitarios de materiales para Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 14\%\text{NFU}$ (Fuente: Elaboración Propia).....	135
Figura 30. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial - Edad 7 días (Fuente: Elaboración Propia).....	136
Figura 31. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial - Edad 14 días (Fuente: Elaboración Propia).....	138
Figura 32. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial - Edad 28 días (Fuente: Elaboración Propia).....	140
Figura 33. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Flexión - Edad 28 días (Fuente: Elaboración Propia)	142
Figura 34. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta - Edad 28 días (Fuente: Elaboración Propia).....	144
Figura 35. Costos unitarios de materiales para concretos (Fuente: Elaboración Propia).....	146

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ensayos Axial	27
Ecuación 2 Ensayos a Flexión	28
Ecuación 3 Ensayos a Tracción Indirecta.....	28
Ecuación 4 Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso	35
Ecuación 5 Peso Unitario del Agregado Grueso	38
Ecuación 6 Peso Específico del Agregado Grueso	39
Ecuación 7 Absorción del Agregado Grueso	40
Ecuación 8 Contenido de Humedad del Agregado Grueso	40
Ecuación 9 Módulo de Finura del Agregado Fino	44
Ecuación 10 Peso Unitario del Agregado Fino.....	45
Ecuación 11 Peso Específico del Agregado Fino	46
Ecuación 12 Absorción del Agregado Fino.....	47
Ecuación 13 Contenido de Humedad del Agregado Fino	48
Ecuación 14 Peso Unitario del Neumático Fuera de Uso	49
Ecuación 15 Peso Específico del Neumático Fuera de Uso	50
Ecuación 16 Absorción de Partículas de Neumático	51
Ecuación 17 Contenido de Humedad de Partículas de Neumático.....	52

RESUMEN

En la actualidad uno de los problemas medioambientales es debido al abundante reciclado de forma inadecuado los Neumático Fuera de Uso. Consecuentemente, a fin de mitigar los impactos ambientales negativos surge la investigación que busca reutilizar el Neumático Fuera de Uso en la fabricación de concretos. La investigación se desarrolló para evaluar la resistencia a la compresión axial, a flexión y tracción indirecta de concretos convencionales modificado mediante el remplazo parcial del volumen del concreto convencional por partículas de Neumático Fuera de Uso. El concreto convencional modificado mediante el remplazo parcial del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de Neumático Fuera de Uso conservando una resistencia promedio $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión axial, flexión y tracción indirecta a la edad de 7, 14 y 28 días. En los resultados obtenidos se observó que la resistencia a la compresión axial, a flexión y tracción indirecta disminuyen según el incremento de porcentajes de partículas de Neumático Fuera de Uso. La disminución de la resistencia a la compresión axial varía entre -17.25% y -33.96%, así mismo la disminución de la resistencia a la flexión varía entre -21.11% y -40.77%, y finalmente la disminución de la resistencia a la tracción indirecta varía entre -35.22% y -60.94%. El uso del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de Neumático Fuera de Uso en la fabricación de concretos genera un ahorro entre +S/14.13 y +S/17.56.

Palabras Claves: Neumático Fuera de Uso, Concreto, Caucho Reciclado, Agregado Reciclado.

ABSTRACT

At present, one of the environmental problems is due to the abundant improper recycling of End of Use Tires. Consequently, in order to mitigate negative environmental impacts, research has arisen that seeks to reuse End of Use Tires in the manufacture of concrete. The research was developed to evaluate the resistance to axial compression, bending and indirect traction of conventional concrete modified by partial replacement of the volume of conventional concrete by particles of Tire Out of Use. Conventional concrete modified by partial replacement of 11%, 12%, 13% and 14% of End-of-Life Tire particles conserving an average resistance $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ were subjected to tests of resistance to axial compression, bending and indirect traction at the age of 7, 14 and 28 days. In the results obtained, it was observed that the resistance to axial compression, bending and indirect traction decrease according to the increase in percentages of particles of Tire Out of Use. The decrease in resistance to axial compression varies between -17.25% and -33.96%, likewise the decrease in flexural strength varies between -21.11% and -40.77%, and finally the decrease in indirect tensile strength varies between -35.22% and -60.94%. The use of 11%, 12%, 13% and 14% of End-of-Life Tire particles in the manufacture of concrete generates savings between +S/14.13 and +S/17.56.

Keywords: End of Life Tire, Concrete, Recycled Rubber, Recycled Aggregate.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La Industria de la Construcción en el Perú está en proceso de desarrollo continuo y a diario enfrenta el reto de desarrollar nuevos materiales con finalidad de minimizar los costos de las construcciones, y a la vez el crecimiento de la construcción deja una serie de afectaciones ambientales; consecuente a ello se desarrolla el presente proyecto el cual estudia dar el uso al material reciclado (Neumáticos Fuera de Uso) como agregado en la fabricación de concretos.

En el proyecto se reemplaza parcialmente al volumen del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con el 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso y se fabrica un concreto convencional modificado de $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ al cual se estudia sus propiedades mecánicas (resistencia axial, a flexión y tracción indirecta) con la finalidad de obtener un material innovado, económico y ambientalmente sostenible.

1.1. Realidad problemática

En la actualidad la masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para hacerlos desaparecer una vez usados, constituye uno de los más graves problemas medioambientales de los últimos años. Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado (medio barril de petróleo crudo para fabricar un neumático de camión), y también el reciclado provoca contaminación ambiental al formar parte de vertederos incontrolados.

Hoy en día la contaminación ambiental generada por los desechos de llantas que brinda la industria automotriz se ha incrementado en un 7.2% en los últimos años debido a la alta demanda de automóviles en nuestro país. Según la Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas (Andellac), cada año en nuestro país se desechan 25 millones de neumáticos viejos distribuidas en distintos puntos de la ciudad. Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) afirma que la construcción creció 19,3% en el tercer trimestre del año respecto al mismo periodo del 2011 (INEI, 2011).

El constante crecimiento de la Construcción en el Perú, demandan altos consumos de materias primas que habitualmente se encuentran en la naturaleza. Al extraer estos materiales de la naturaleza se generan afectaciones ambientales que repercute en el ecosistema. También, las afectaciones ambientales se ven afectadas por la generación de residuos como son los “Neumáticos Fuera de Uso” que deja a su paso el crecimiento del parque automotor (Cabanillas Huachua, 2017).

La concientización para la recuperación y reutilización de cauchos que han afectado los ecosistemas naturales, con fines de generar un nuevo concreto, sin alterar constantemente las fuentes de materias primas, es frustrado por la sociedad. En cuanto a la relevancia social, se espera que esta investigación aporte a la sociedad mejoras en las condiciones en las que se encuentran ciertas comunidades cercanas a los sitios de disposición de escombros y botaderos. (Ferreira Diaz, 2009).

Los Neumáticos Fuera de Uso han sido diseñados para resistir al ozono, la luz y bacterias, por ende, son indestructibles en el paso del tiempo, también tienen alta capacidad calorífica que dificulta su destrucción en caso de incendio. Presenta esas propiedades debido a que su fabricación se hizo con materias primas no renovables, como el caucho sintético, acero, el agua y a elevadas temperaturas (Sánchez Juan, 2012).

En el ámbito de la Ingeniería Civil, inicialmente se ha reutilizado el Neumático Fuera de Uso como combustible alternativo para la producción del cemento y en menor cantidad para la fabricación del concreto y pavimento (Peñaloza Garzón & Moreno Barreto, 2015). En el Perú, en el ámbito de la Ingeniería, el uso del Neumático Fuera de Uso como materia prima es limitado (Guzmán Rojas & Guzmán Rojas, 2015).

Basándose en el antecedente descrito, surge la Tesis que busca reutilizar el Neumático Fuera de Uso en la fabricación de concretos con fines de uso en la construcción de elementos que soportan esfuerzo axial, flexión y tracción indirecta, a fin de generar un desarrollo sostenible en la sociedad civil.

El concreto con caucho ya es un hecho en México, esto sería muy beneficioso en el Perú ya que reduciríamos la contaminación en nuestro medio ambiente, se disminuiría la cantidad de llantas en los centros de acopio y se obtendría un nuevo producto para la industria de la construcción que está en continuo crecimiento. En el Perú el tema del reciclaje o la reutilización de caucho no son un tema donde se haya puesto gran interés y menos en el impacto positivo que tendrían en el medio ambiente.

En esta investigación, se valora la factibilidad de inclusión de caucho en los concretos, siendo estos aglomerantes los de mayor utilización en las obras civiles. El sistema formado al incluir al residuo será valorado claramente desde lo físico, mecánico y el medio ambiente a efectos de incluir estos parámetros en los controles de calidad de las obras civiles.

Esta investigación tendrá doble objetivo; primero, contribuir al conocimiento del concreto modificado con la adición de partículas de caucho y segundo demostrar que es posible reinsertar estos residuos al ciclo de vida de la construcción para fomentar su uso. Durante el desarrollo de la investigación se observará los efectos del agregado reciclado sobre las propiedades mecánicas del concreto.

En la Tesis se busca proporcionar un análisis de las propiedades mecánicas del concreto a partir de la adición de partículas de cauchos reciclados, ya que por estudios en otros países el costo de fabricación de este concreto es más económico (Lara Guerrero, 2018); así mismo se reducirá la necesidad de la explotación de agregados procedentes de canteras; también se mitigarán los impactos negativos que generan las llantas en desuso.

Con la Tesis se busca obtener un material innovado, con la resistencia de diseño promedio $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$, a fin de emplear en elementos que soporten esfuerzo axial, flexión y tracción indirecta, como patios de formación, tabiquerías internas, columnetas, viguetas, falso pisos, estacionamiento interno.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso en la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de un concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$, empleando la norma técnica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Conocer la influencia del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso en la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de un concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$, empleando la norma técnica, a fin de emplear en elementos estructurales que soporten esfuerzo axial, flexión y tracción indirecta, como patios de formación, tabiquerías internas, columnetas, viguetas, falso pisos, estacionamiento interno.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de las probetas del concreto con resistencia promedio $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ reemplazando el 11% del volumen total del concreto por partículas de neumático fuera de uso.

Determinar la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de las probetas del concreto con resistencia promedio $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ reemplazando el 12% del volumen total del concreto por partículas de neumático fuera de uso.

Determinar la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de las probetas del concreto con resistencia promedio $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ reemplazando el 13% del volumen total del concreto por partículas de neumático fuera de uso.

Determinar la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de las probetas del concreto con resistencia promedio $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ reemplazando el 14% del volumen total del concreto por partículas de neumático fuera de uso.

Conocer la incidencia en el costo de materiales, con la adición del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso en un concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso, influye positivamente en la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta.

1.4.2. Hipótesis específicas

Mejora la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de las probetas del concreto con resistencia promedio $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ reemplazando el 11% del volumen total del concreto por partículas de neumático fuera de uso.

Mejora la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de las probetas del concreto con resistencia promedio $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ reemplazando el 12% del volumen total del concreto por partículas de neumático fuera de uso.

Mejora la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de las probetas del concreto con resistencia promedio $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ reemplazando el 13% del volumen total del concreto por partículas de neumático fuera de uso.

Mejora la resistencia axial, a flexión y tracción indirecta de las probetas del concreto con resistencia promedio $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ reemplazando el 14% del volumen total del concreto por partículas de neumático fuera de uso.

Genera ahorro en soles, la adición del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso en un concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Investigación Cuasi experimental: Se manipulará las variables independientes a fin de obtener un resultado óptimo. El resultado no será sometido a experimentos.

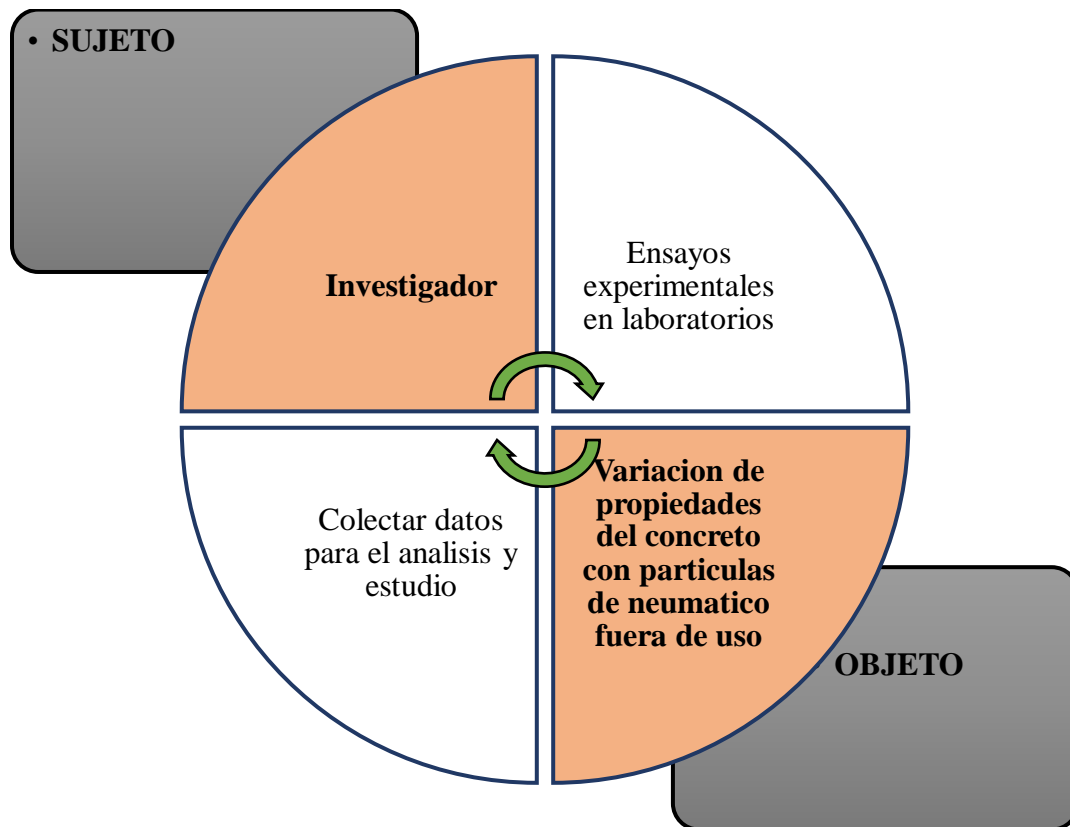


Figura 1. Interacción de la Investigación (Fuente: Elaboración Propia)

Para la investigación, se aplica un Diseño Cuasi Experimental, tipo monofactorial, en el cual la variable independiente es “11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso” y la variable dependiente es “resistencia axial, a flexión y tracción indirecta”.

Población: La población en estudio es el Concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con adición de partículas de neumático fuera de uso.

Muestra: La muestra es el Concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con la adición de 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso.

Tabla 1

Variables Independientes

Variables Independientes	Niveles de Estudio de las Variables Independientes			
	X: PARTÍCULAS DE NEUMÁTICO FUERA DE USO	11 %	12 %	13 %
	X_1	X_2	X_3	X_4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2

Variables Dependientes

Variables Dependientes	Niveles de Estudio de las Variables Dependientes		
	Y: RESISTENCIA	AXIAL	FLEXIÓN
	Y_1	Y_2	Y_3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3

Matriz de Diseño Cuasi Experimental

Matriz de Diseño Cuasi Experimental		X			
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y	Y ₁	X ₁ Y ₁	X ₂ Y ₁	X ₃ Y ₁	X ₄ Y ₁
	Y ₂	X ₁ Y ₂	X ₂ Y ₂	X ₃ Y ₂	X ₄ Y ₂
	Y ₃	X ₁ Y ₃	X ₂ Y ₃	X ₃ Y ₃	X ₄ Y ₃

Fuente: Elaboración Propia

CÁLCULO DE NÚMEROS DE MUESTRAS DE ENSAYO AXIAL

Ecuación 1

Ensayos Axial

$$E = (X_n) \cdot (E_e) \cdot (NuRe)$$

$$E = (4) \cdot (3) \cdot (3) = 36$$

$$E = 36 \text{ UND}$$

Datos:

E : Número de Muestras de Ensayos Axial.

X_n : Variables Independientes.

E_e : Edad de ensayo (7, 14 y 28).

NuRe : Número de Replicas (RNE, NTP).

CÁLCULO DE NÚMEROS DE MUESTRAS DE ENSAYO A FLEXIÓN

Ecuación 2

Ensayos a Flexión

$$E = (X_n) \cdot (E_e) \cdot (\text{NuRe})$$

$$E = (4) \cdot (3) \cdot (1) = 12$$

$$E = 12 \text{ UND}$$

Datos:

E : Número de Muestras de Ensayos a Flexión.

X_n : Variables Independientes.

E_e : Edad de ensayo (28).

NuRe : Número de Replicas (RNE, NTP).

CÁLCULO DE NÚMEROS DE MUESTRAS DE ENSAYO A TRACCIÓN

INDIRECTA

Ecuación 3

Ensayos a Tracción Indirecta

$$E = (X_n) \cdot (E_e) \cdot (\text{NuRe})$$

$$E = (4) \cdot (3) \cdot (1) = 12$$

$$E = 12 \text{ UND}$$

Datos:

E : Número de Muestras de Ensayos a Tracción Indirecta.

X_n : Variables Independientes.

E_e : Edad de ensayo (28).

$NuRe$: Número de Replicas (RNE, NTP).

2.1. Materiales

2.1.1. Agregado Grueso de la Cantera Chillico.

El agregado grueso se define como material granular producto de la desintegración de rocas que queda retenido en el tamiz 4.75 mm ($N^{\circ}4$), según la NTP 400.011:2008 (revisada el 2018) y ASTM C 33.

2.1.2. Agregado Fino de la Cantera Chillico.

El agregado fino se define como material granular producto de la desintegración de rocas que pasa por el tamiz 9.51 mm ($3/8''$) y queda retenido en el tamiz 0.074 mm ($N^{\circ} 200$), según la NTP 400.011:2008 (revisada el 2018) y ASTM C 33.

2.1.3. Neumáticos Fuera de Uso del parque automotor (NFU).

Se le denomina Neumáticos Fuera de Uso (NFU), a las llantas reciclados que ya acabaron su vida útil. Para la investigación las llantas en desuso se van a reutilizar como agregado liviano, para ello las llantas va a ser triturados hasta obtener un grano graduado de caucho de 5mm de diámetro.

2.1.4. Agua Potabilizada.

El agua, proveniente del latín AQUA, está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Esta definición se aplica únicamente al estado líquido de este compuesto. El agua se empleó en la investigación en la elaboración del concreto (agua de amasado) y en curado del concreto (embebido de las probetas de concreto por un periodo determinado en un recipiente con agua).

El Agua Potable, debe contener sólidos en suspensión 5000 ppm máximo, materia orgánica 3 ppm máximo, alcalinidad 1000 ppm máximo, sulfatos 600 ppm máximo, cloruros 1000 ppm máximo y pH 5 a 8 ppm máximo, según la NTP 339.088 y ASTM C 1602.

2.1.5. Cemento Portland Tipo I fabricado por Cemento Andino.

El Cemento Portland Tipo I, se define como un aglomerante hidráulico producido mediante la pulverización del Clínter, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio con una adición de yeso u otro material durante la molienda, según la NTP 334.090 y ASTM C 150.

2.2. Instrumentos

- ✓ Los datos serán procesados en Microsoft Excel. Los resultados serán presentados en forma de gráficos, figuras, repostes estadísticos, cuadros de resúmenes, entre otros.
- ✓ Los instrumentos a utilizar serán el laboratorio de ensayo de materiales de DELAY-INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS E.I.R.L., los que son totalmente confiables, ya que los equipos están bien calibrados.
- ✓ Se usarán fichas de observación, elaborado por el tesista.

- ✓ Estufa (para secar las muestras de agregado).
- ✓ Balanza (para medir el peso de los agregados y cemento).
- ✓ Prensa hidráulica (para aplicar carga a los especímenes).
- ✓ Deformímetro (para medir la deformación de los especímenes según el incremento de carga).
- ✓ Cronómetro (para medir el tiempo de duración del ensayo desde el inicio de aplicación de carga hasta la rotura).
- ✓ Vernier para medir las dimensiones de los especímenes antes del ensayo.
- ✓ Cono de Abrams, plancha metálica y varilla, para medir el Slump o Asentamiento del concreto.
- ✓ Máquina de los Ángeles para medir el porcentaje desgaste del agregado grueso.
- ✓ Equipo (probeta, varilla), para determinar el peso unitario de los agregados y del concreto.
- ✓ Mezcladora de concreto.
- ✓ Juego de Tamices para granulometría de agregados fino y grueso.
- ✓ Probeta de vidrio graduada para medir agua en cantidades pequeñas.
- ✓ Molde cónico para determinar si el agregado fino alcanza el estado superficialmente seco.
- ✓ Fiola de 500 cm^3 graduada para medir el peso específico del agregado fino.
- ✓ Regla metálica graduada para medir el asentamiento (slump) del concreto.
- ✓ Marcador de concreto para codificar los especímenes.
- ✓ Badilejo grande y pequeño para re mezclar el concreto en la bandeja.
- ✓ Bandeja para llevar el concreto.
- ✓ Carretilla para trasladar los especímenes desde la poza de curado hasta la máquina de compresión.
- ✓ Alicata.

- ✓ Martillo de goma para golpear las paredes laterales exteriores del molde de especímenes durante el vaciado de concreto.
- ✓ Palana para llenar los recipientes con agregado para su posterior pesado.
- ✓ Balde para trasladar los agregados hacia el trompo.
- ✓ Cucharon para llenar los moldes de los especímenes.

2.3. Métodos

Los métodos utilizados para el análisis de datos en el desarrollo de la investigación es la Estadística Descriptiva, Inferencia Estadística y Contraste de Hipótesis.

2.3.1. Estadística Descriptiva.

Se usó la estadística descriptiva ya que este método nos permite ordenar, describir y sintetizar la información recogida.

2.3.2. Inferencia Estadística.

Se usó la inferencia estadística debido a que nos permite extraer, o inferir, conclusiones válidas e información sobre una población a partir del estudio experimental de una muestra de dicha población.

2.3.3. Contraste de Hipótesis.

Se realizó el contraste de hipótesis para decidir la aceptación o el rechazo de afirmaciones o hipótesis acerca de la población en estudio.

2.4. Procedimiento

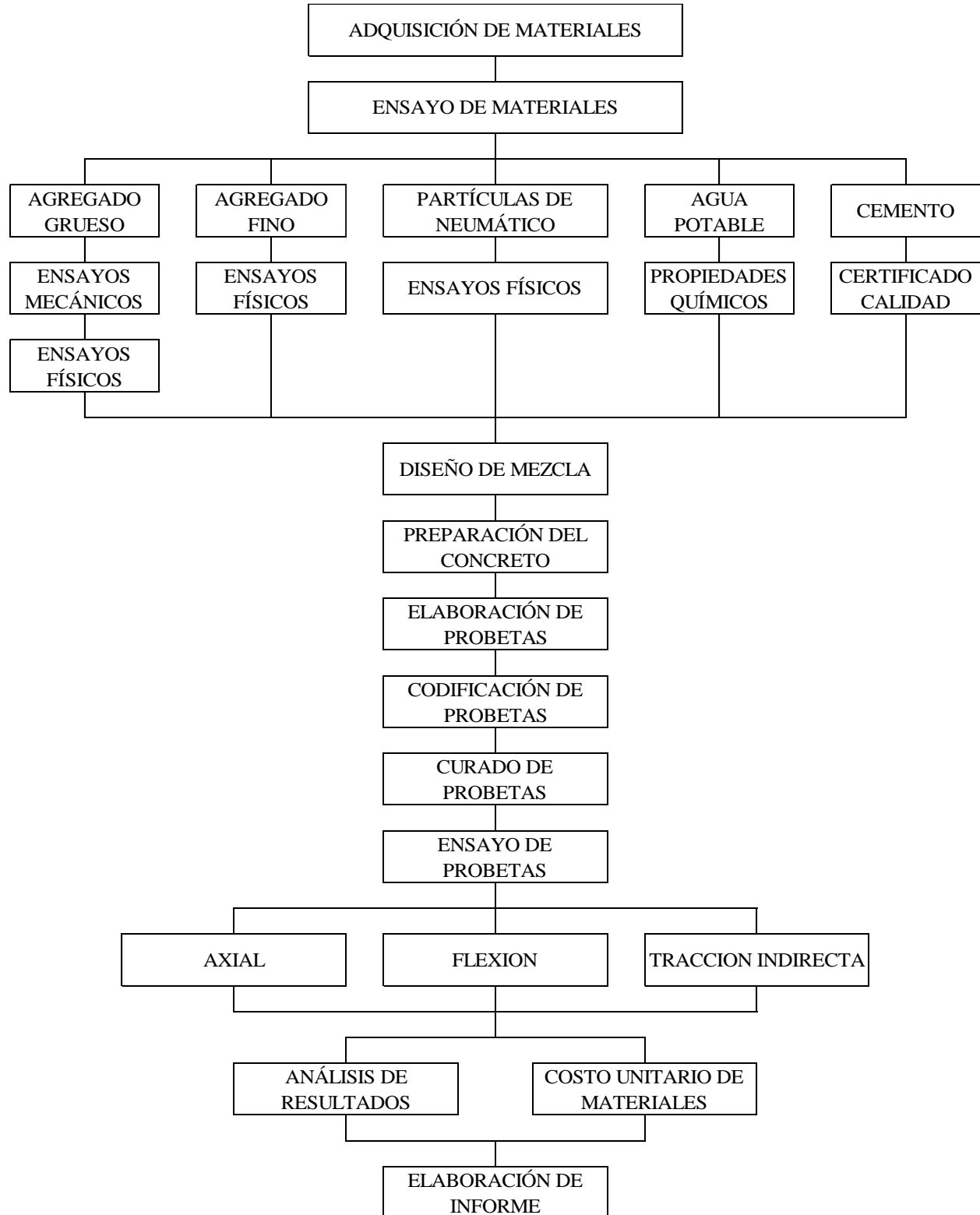


Figura 2. Procedimiento

2.4.1. Adquisición y Ensayo de Materiales

La adquisición y ensayos de materiales se realizaron con la finalidad de determinar las propiedades mecánicas, físicas y químicas, debido a que en base a estas propiedades se diseñaron las mezclas de concreto. Se realizaron ensayos de materiales para el Agregado Grueso, Agregado Fino, para el Neumático Fuera de Uso, para el Agua Potabilizada y para el Cemento Portland Tipo I.

2.4.1.1. Agregado Grueso.

2.4.1.1.1. Adquisición del Agregado Grueso:

El agregado grueso se extrajo de la Cantera Chillico, ubicado a 7.20 km de la ciudad de Huamanga - Ayacucho. Se adquirió 5m³ de agregado grueso, a un costo de S/ 130.00 por cada m³, sumando en total de S/ 650.00. El costo del material granular es puesto en laboratorio.

La extracción y muestreo del agregado se ha realizado acorde la NTP 400.010:2011 (revisada el 2016) y ASTM D 3665.

Se determino por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200) acorde la NTP 400.018:2013 (revisada el 2018) y ASTM C 117.

2.4.1.1.2. Ensayos Mecánicos del Agregado Grueso:

Resistencia a la Degradación: NTP 400.019:2014, ASTM C 131.

2.4.1.1.2.1. Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso: Mediante este

ensayo normalizado se determinó la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.

La Masa de la Muestra corresponde a la Gradación A de la NTP 400.019:2014, por ende, se aplicó la Carga corresponde a la Gradación A de la NTP 400.019:2014.

Ecuación 4

Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso

$$P(\%) = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \cdot 100$$

Donde:

$P(\%)$: Pérdida de masa de la muestra [%]

M_i : Masa inicial de la muestra [g]

M_f : Masa final de la muestra [g]

Ensayo de Resistencia a la Degradación:

M_i : 5000 g

M_f : 4250 g

$$P(\%) = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \cdot 100 = \frac{(5000 \text{ g} - 4250 \text{ g})}{5000 \text{ g}} \cdot 100 = 15 \%$$

$P(\%)$: 15 %

2.4.1.1.3. Ensayos Físicos del Agregado Grueso:

Análisis Granulométrico: NTP 400.012:2013 (revisada el 2018), ASTM C 136.

Peso Unitario: NTP 400.017:2011 (revisada el 2016), ASTM C 29/C29M-2009.

Peso Específico: NTP 400.021:2013 (revisada el 2018), ASTM C 127.

Absorción: NTP 400.021:2013 (revisada el 2018), ASTM C 127.

Contenido de Humedad: NTP 339.185:2013 (revisada el 2018), ASTM C70.

2.4.1.1.3.1. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso: Mediante este ensayo

normalizado se empleó una serie de tamices de abertura cuadrada para la distribución de partículas del agregado grueso de una muestra de peso conocido. La Masa de la Muestra conocido de 2000g se determinó acorde al ANEXO A de la NTP 400.012:2013 (revisada el 2018) para agregado de diámetro nominal de 1/2".

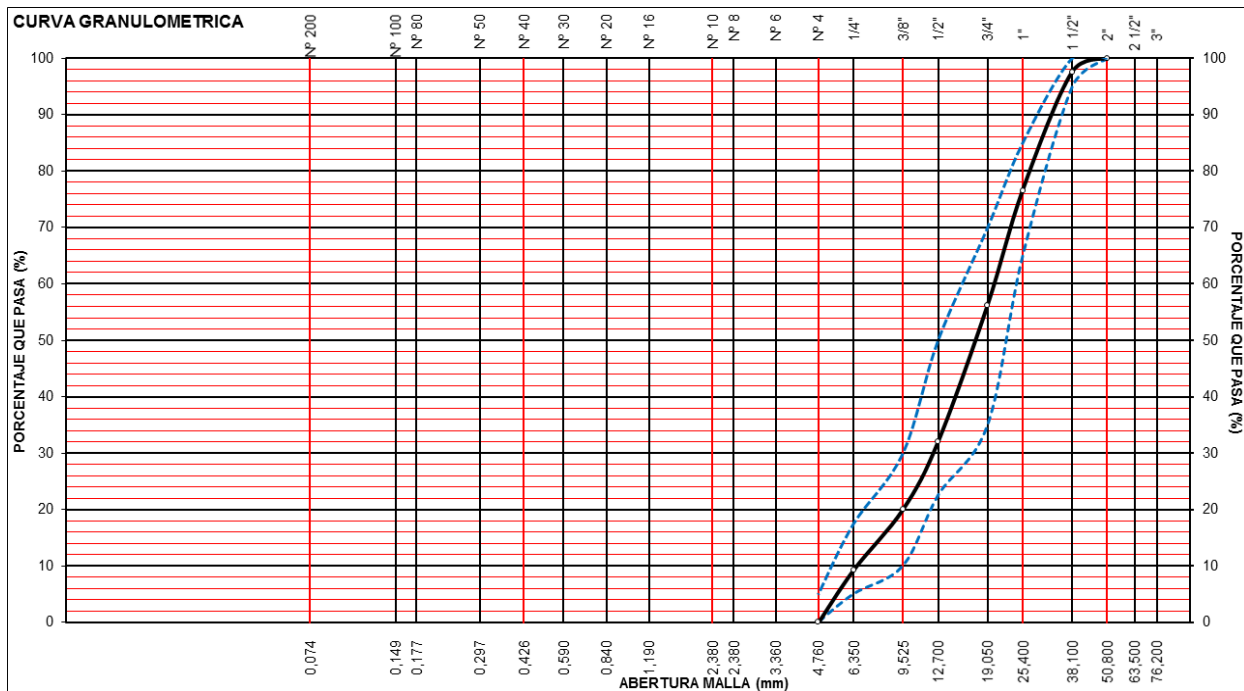


Figura 3. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 4

Granulometría del Agregado Grueso

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA					
	ABERTURA (mm)	PESO RET (gr)	RET (%)	RET ACU (%)	PASA (%)	ESPECIFICACIONES TECNICAS
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800	0.00	0.000	0.000	100.00	100 100
1 1/2"	38.100	50.00	2.500	2.500	97.50	95 100
1"	25.400	419.00	20.950	23.450	76.55	
3/4"	19.050	407.00	20.350	43.800	56.20	35 70
1/2"	12.700	483.00	24.150	67.950	32.05	
3/8"	9.525	240.00	12.000	79.950	20.05	10 30
1/4"	6.350	215.00	10.750	90.700	9.30	
N° 4	4.760	186.00	9.300	100.000	0.00	0 5
N° 6	3.360					
N° 8	2.380					
N° 10	2.000					
N°16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.426					
N° 50	0.297					
N° 80	0.177					
N° 100	0.149					
N° 200	0.074					
TOTAL		2000.00	100.00			

Fuente: Elaboración Propia

2.4.1.1.3.2. Peso Unitario del Agregado Grueso: El Peso Unitario es el peso (masa) por unidad de volumen, también denominado densidad de la masa. Se obtuvo la muestra de conformidad con la NTP 400.010 y se redujo el tamaño de ensayo de conformidad con la NTP 400.043.

Ecuación 5

Peso Unitario del Agregado Grueso

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M : Peso unitario de la muestra [kg/m³]

G : Masa del recipiente de medida más el agregado [kg]

T : Masa del recipiente [kg]

V : Volumen del recipiente [m³]

Ensayo del Peso Unitario:

G : 15.067 kg

T : 1.598 kg

V : 0.00927 m³

$$M = \frac{(G - T)}{V} = \frac{(15.067 \text{ kg} - 1.598 \text{ kg})}{0.00927 \text{ m}^3} = 1452.97 \text{ kg/m}^3 = 1.45 \text{ g/cm}^3$$

M : 1.45 g/cm³

2.4.1.1.3.3. Peso Específico del Agregado Grueso: Es la relación entre el peso (kilogramos fuerza) de una sustancia y su volumen (metros cúbicos).

Ecuación 6

Peso Específico del Agregado Grueso

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)}$$

Donde:

P_{em} : Peso Específico de masa [gf/cm³]

A : Peso de la muestra seca en el aire [gf]

B : Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire [gf]

C : Peso en el agua de la muestra saturada [gf]

Ensayo del Peso Específico:

A : 2070 gf

B : 2085 gf

C : 1279 gf

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} = \frac{2070}{(2085 - 1279)} = 2.568 \text{ gf/cm}^3$$

P_{em} : 2.568 gf/cm³

2.4.1.1.3.4. Absorción del Agregado Grueso: Se determinó el incremento en la masa del agregado debido al contenido de agua en los poros del material, denominado absorción; el cálculo se hizo sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas; se expresó como un porcentaje de la masa seca. Se considera como "seco" al agregado cuando se ha mantenido a una temperatura de 110°C ± 5°C.

Ecuación 7

Absorción del Agregado Grueso

$$A_b(\%) = \frac{B - A}{A} \cdot 100$$

Donde:

$A_b(\%)$: Absorción [%]

A : Peso de la muestra seca en el aire [g]

B : Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire [g]

Ensayo de la Absorción:

A : 2070 g

B : 2085 g

$$A_b(\%) = \frac{B - A}{A} \cdot 100 = \frac{2085 - 2070}{2070} \cdot 100 = 0.725\%$$

$A_b(\%)$: 0.725%

2.4.1.1.3.5. Contenido de Humedad del Agregado Grueso: Se determinó el contenido de humedad, también conocido como la cantidad de agua contenida en el agregado grueso, según los siguiente.

Ecuación 8

Contenido de Humedad del Agregado Grueso

$$P = 100 \cdot \frac{W - D}{D}$$

Donde:

P : Contenido de Humedad [%]

W : Masa de la muestra húmeda original [g]

D : Masa de la muestra seca [g]

Ensayo del Contenido de Humedad:

W : 2021 g

D : 1993 g

$$P = 100 \cdot \frac{W - D}{D} = 100 \cdot \frac{2021 - 1993}{1993} = 1.405\%$$

P : 1.405%

2.4.1.2. Agregado Fino:

2.4.1.2.1. Adquisición del Agregado Fino:

El agregado fino se extrajo de la Cantera Chillico, ubicado a 7.20 km de la ciudad de Huamanga - Ayacucho. Se adquirió 5m³ de agregado grueso, a un costo de S/ 120.00 por cada m³, sumando en total de S/ 600.00. El costo del material granular es puesto en laboratorio.

La extracción y muestreo del agregado se ha realizado acorde la NTP 400.010:2011 (revisada el 2016) y ASTM D 3665.

Se determino por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N° 200) acorde la NTP 400.018:2013 (revisada el 2018) y ASTM C 117.

2.4.1.2.2. Ensayos Físicos del Agregado Fino:

Análisis Granulométrico: NTP 400.012:2013 (revisada el 2018), ASTM C 136.

Módulo de Finura: NTP 400.012:2013 (revisada el 2018), ASTM C 136.

Peso Unitario: NTP 400.017:2011 (revisada el 2016), ASTM C 29/C29M-2009.

Peso Específico: NTP 400.022:2013 (revisada el 2018), ASTM C 127.

Absorción: NTP 400.022:2013 (revisada el 2018), ASTM C 127.

Contenido de Humedad: NTP 339.185:2013 (revisada el 2018), ASTM C70.

2.4.1.2.2.1. Análisis Granulométrico del Agregado Fino: Mediante este ensayo

normalizado se empleó una serie de tamices de abertura cuadrada para la distribución de partículas del agregado fino de una muestra de peso conocido. La Masa de la Muestra conocido de 500 g se determinó acorde al TABLA A.4 de la NTP 400.012:2013 (revisada el 2018).

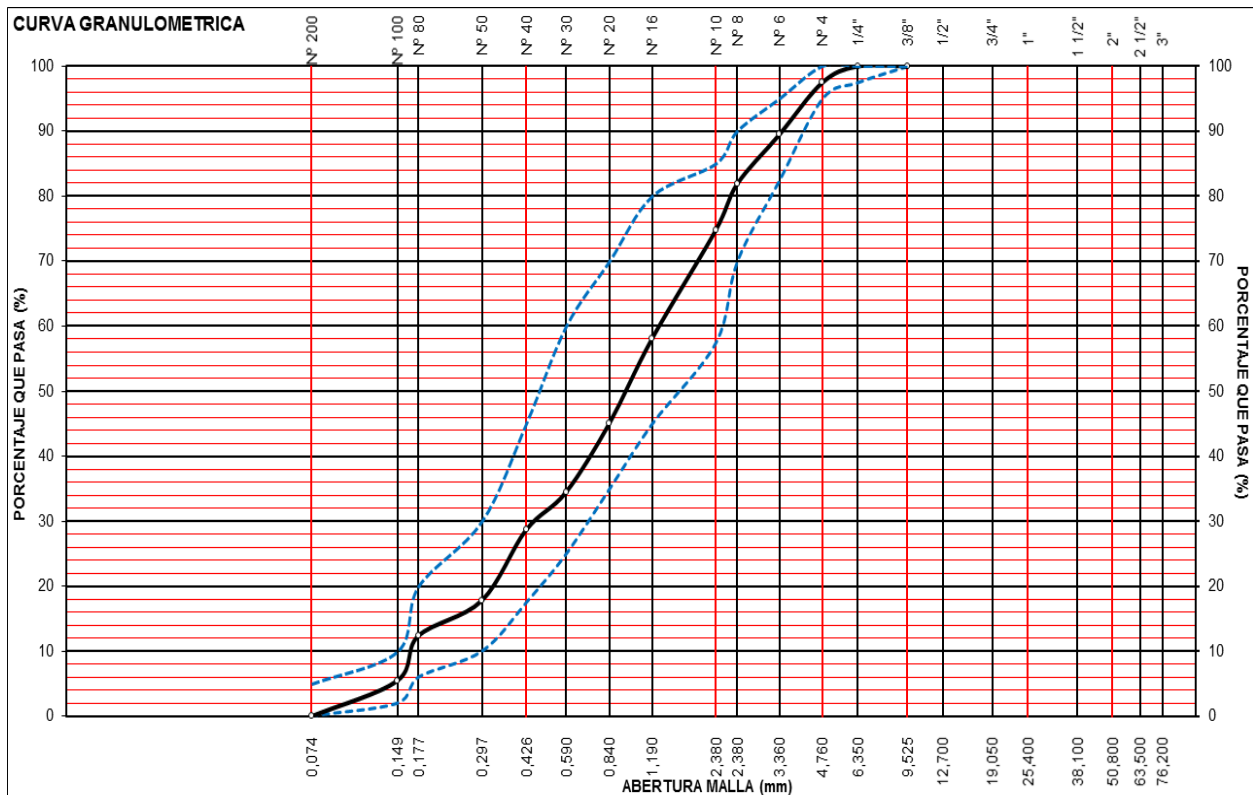


Figura 4. Análisis Granulométrico del Agregado Fino (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 5

Granulometría del Agregado Fino

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA					
	ABERTURA (mm)	PESO RET (gr)	RET (%)	RET ACU (%)	PASA (%)	ESPECIFICACIONES TECNICAS
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
N° 4	4.760	12.68	2.54	2.54	97.46	95 100
N° 6	3.360	39.86	7.97	10.51	89.49	
N° 8	2.380	38.04	7.61	18.12	81.88	
N° 10	2.000	35.51	7.10	25.22	74.78	
N°16	1.190	83.33	16.67	41.88	58.12	45 80
N° 20	0.840	65.22	13.04	54.93	45.07	
N° 30	0.590	52.90	10.58	65.51	34.49	25 60
N° 40	0.426	28.99	5.80	71.31	28.69	
N° 50	0.297	54.35	10.87	82.18	17.82	10 30
N° 80	0.177	27.17	5.43	87.61	12.39	
N° 100	0.149	34.42	6.88	94.49	5.51	2 10
N° 200	0.074	27.53	5.51	100.00	0.00	0 5
TOTAL		500.00	100.00			

Fuente: Elaboración Propia

2.4.1.2.2.2. Módulo de Finura del Agregado Fino: También conocido como Módulo de Finesa, se obtuvo sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, y el resultado se dividió entre 100.

Ecuación 9

Módulo de Finura del Agregado Fino

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado}(N^{\circ} 4 + N^{\circ} 8 + N^{\circ} 16 + N^{\circ} 30 + N^{\circ} 50 + N^{\circ} 100)}{100}$$

Donde:

MF : Módulo de Finura

Ensayo del Contenido de Humedad:

N° 4 : 2.54 %

N° 8 : 18.12 %

N° 16 : 41.88 %

N° 30 : 65.51 %

N° 50 : 82.18 %

N° 100 : 94.49 %

$$MF = \frac{2.54\% + 18.12\% + 41.88\% + 65.51\% + 82.18\% + 94.49\%}{100} = \frac{304.72\%}{100}$$

$$MF = 3.074$$

$$MF : 3.074$$

2.4.1.2.2.3. Peso Unitario del Agregado Fino: El Peso Unitario es el peso (masa) por unidad de volumen, también denominado densidad de la masa.

Se obtuvo la muestra de conformidad con la NTP 400.010 y se redujo el tamaño de ensayo de conformidad con la NTP 400.043.

Ecuación 10

Peso Unitario del Agregado Fino

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M : Peso unitario de la muestra [kg/m³]

G : Masa del recipiente de medida más el agregado [kg]

T : Masa del recipiente [kg]

V : Volumen del recipiente [m³]

Ensayo del Peso Unitario:

G : 5.920 kg

T : 1.559 kg

V : 0.00286 m³

$$M = \frac{(G - T)}{V} = \frac{(5.920 \text{ kg} - 1.559 \text{ kg})}{0.00286 \text{ m}^3} = 1524.83 \text{ kg/m}^3 = 1.52 \text{ g/cm}^3$$

M : 1.52 g/cm³

2.4.1.2.2.4. Peso Específico del Agregado Fino: Es la relación entre el peso (kilogramos fuerzas) de una sustancia y su volumen (metros cúbicos).

Ecuación 11

Peso Específico del Agregado Fino

$$P_{em} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Donde:

P_{em} : Peso Específico de masa [gf/cm³]

A : Peso de la masa de la muestra seca al horno [gf]

B : Peso de la masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca [gf]

C : Peso de la masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca [gf]

S : Peso de la masa de la muestra saturado superficialmente seca [gf]

Ensayo del Peso Específico:

A : 405.78 gf

B : 668.23 gf

C : 923.40 gf

S : 412.99 gf

$$P_{em} = \frac{A}{(B + S - C)} = \frac{405.78}{(668.23 + 412.99 - 927.18)} = 2.634 \text{ gf/cm}^3$$

P_{em} : 2.634 gf/cm³

2.4.1.2.2.5. Absorción del Agregado Fino: Se determinó el incremento en la masa del agregado debido al contenido de agua en los poros del material, denominado absorción.

Ecuación 12

Absorción del Agregado Fino

$$A_b(\%) = 100 \cdot \frac{S - A}{A}$$

Donde:

$A_b(\%)$: Absorción [%]

A : Peso de la masa de la muestra seca al horno [gf]

B : Peso de la masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca [gf]

C : Peso de la masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca [gf]

S ñ: Peso de la masa de la muestra saturado superficialmente seca [gf]

Ensayo de la Absorción:

A : 405.78 gf

S : 412.99 gf

$$A_b(\%) = 100 \cdot \frac{S - A}{A} = 100 \cdot \frac{412.99 - 405.78}{405.78} = 1.779\%$$

$A_b(\%)$: 1.779%

2.4.1.2.2.6. Contenido de Humedad del Agregado Fino: Se determinó el contenido de humedad, también conocido como la cantidad de agua contenida en el agregado fino, según los siguiente.

Ecuación 13

Contenido de Humedad del Agregado Fino

$$P = 100 \cdot \frac{W - D}{D}$$

Donde:

P : Contenido de Humedad [%]

W : Masa de la muestra húmeda original [g]

D : Masa de la muestra seca [g]

Ensayo del Contenido de Humedad:

W : 298.44 g

D : 294.58 g

$$P = 100 \cdot \frac{W - D}{D} = 100 \cdot \frac{298.44 - 294.58}{294.58} = 1.366\%$$

P : 1.366%

2.4.1.3. Partículas de Neumático

2.4.1.3.1. Adquisición de Partículas de Neumático:

Las partículas de neumáticos de 5 mm denominado Caucho Granulado se obtuvieron a S/ 0.20 por 1 kg. En total se adquirió 200 kg de Caucho Granulado por un importe de S/ 40.00. Actualmente el Caucho Granulado de 5 mm se usa en campos de Grass sintético y patios de entrenamiento.

2.4.1.3.2. Ensayos Físicos de Partículas de Neumático:

Peso Unitario: NTP 400.017:2011 (revisada el 2016), ASTM C 29/C29M-2009.

Peso Específico: NTP 400.022:2013 (revisada el 2018), ASTM C 127.

Absorción: NTP 400.022:2013 (revisada el 2018), ASTM C 127.

Contenido de Humedad: NTP 339.185:2013 (revisada el 2018), ASTM C70.

2.4.1.3.2.1. Peso Unitario de Partículas de Neumático: El Peso Unitario es el peso (masa) por unidad de volumen, también denominado densidad de la masa.

Ecuación 14

Peso Unitario del Neumático Fuera de Uso

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M : Peso unitario de la muestra [kg/m³]

G : Masa del recipiente de medida más el agregado [kg]

T : Masa del recipiente [kg]

V : Volumen del recipiente [m³]

Ensayo del Peso Unitario:

G : 5.862 kg

T : 1.598 kg

V : 0.00927 m³

$$M = \frac{(G - T)}{V} = \frac{(5.862 \text{ kg} - 1.598 \text{ kg})}{0.00927 \text{ m}^3} = 459.98 \text{ kg/m}^3 = 0.459 \text{ g/cm}^3$$

M : 0.459 g/cm³

2.4.1.3.2.2. Peso Específico de Partículas de Neumático: Es la relación entre el peso (kilogramos fuerzas) de una sustancia y su volumen (metros cúbicos).

Ecuación 15

Peso Específico del Neumático Fuera de Uso

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)}$$

Donde:

P_{em} : Peso Específico de masa [gf/cm³]

A : Peso de la muestra seca en el aire [gf]

B : Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire [gf]

C : Peso en el agua de la muestra saturada [gf]

Ensayo del Peso Específico:

A : 895 gf

B : 988 gf

C : 216 gf

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} = \frac{895}{(988 - 216)} = 1.159 \text{ gf/cm}^3$$

$$P_{em} : 1.159 \text{ gf/cm}^3$$

2.4.1.3.2.3. Absorción de Partículas de Neumático: Se determinó el incremento en la masa de Partículas de Neumático debido al contenido de agua en los poros del material, denominado absorción.

Ecuación 16

Absorción de Partículas de Neumático

$$A_b(\%) = 100 \cdot \frac{S - A}{A}$$

Donde:

$A_b(\%)$: Absorción [%]

A : Peso de la masa de la muestra seca al horno [gf]

B : Peso de la masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca [gf]

C : Peso de la masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca [gf]

S : Peso de la masa de la muestra saturado superficialmente seca [gf]

Ensayo de la Absorción:

A : 890.51 gf

S : 908.59 gf

$$A_b(\%) = 100 \cdot \frac{S - A}{A} = 100 \cdot \frac{908.59 - 890.51}{890.51} = 2.021\%$$

$A_b(\%)$: 2.021%

2.4.1.3.2.4. Contenido de Humedad de Partículas de Neumático: Se determinó el contenido de humedad, también conocido como la cantidad de agua contenida en Partículas de Neumático, según los siguiente.

Ecuación 17

Contenido de Humedad de Partículas de Neumático

$$P = 100 \cdot \frac{W - D}{D}$$

Donde:

P : Contenido de Humedad [%]

W : Masa de la muestra húmeda original [g]

D : Masa de la muestra seca [g]

Ensayo del Contenido de Humedad:

W : 391.28 g

D : 388.40 g

$$P = 100 \cdot \frac{W - D}{D} = 100 \cdot \frac{391.28 - 388.40}{388.40} = 0.742\%$$

P : 0.742%

2.4.1.4. Agua Potable

El agua empleada para el mezclado, preparación y curado de concreto es el agua potable que suministra la empresa SEDA AYACUCHO S.A. El costo por metro cubico de agua suministrado es de S/ 2.00.

Tabla 6

Límites Permisibles para Ensayo de Agua de Mezclado

	Límite	Métodos de Ensayo
Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm ^A		
A. Cloruro como Cl ⁻ , ppm		
1. En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera.	500 ^B	NTP 339.076
2. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes	1 000 ^B	NTP 339.076
B. Sulfatos como SO ₄ , ppm	3000	NTP 339.074
C. Alcalis como (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O), ppm	600	ASTM C 114
D. Sólidos totales por masa, ppm	50 000	ASTM C 1603

^A ppm es la abreviación de partes por millón.

^B Cuando el productor pueda demostrar que estos límites para el agua de mezcla pueden ser excedidos, los requerimientos para el concreto del Código ACI 318 regirán. Para condiciones que permiten utilizar cloruro de calcio (CaCl₂) como aditivo acelerador, se permitirá que el comprador pueda prescindir de la limitación del cloruro.

Fuente: NTP 339.08

2.4.1.5. Cemento

El cemento hidráulico, producido por la pulverización del Clinker compuesto de silicatos de calcio hidráulicos y sulfato de calcio, a ello adicionado la caliza durante la molienda (Cemento Portland Tipo I), se obtuvo al costo S/ 29.50 la cantidad de 42.5 Kg.

En la investigación se empleó el Cemento Portland Tipo I, de uso general, con Peso Específico de 3.10 g/cm³.

Tabla 7

Requisitos del Cemento Portland Tipo I

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPO DE CEMENTO ^A						
		I	II	II(MH)	III	IV	V	
Oxido de aluminio, (Al_2O_3), máx. %	NTP 334.086	-	6,0	6,0	-	-	-	
Oxido férrico, (Fe_2O_3), máx. %		-	6,0 ^B	6,0 ^{B,C}	-	6,5	-	
Oxido de magnesio, (MgO), máx. %		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	
Trióxido de azufre, (SO_3), ^D máx. %								
Cuando (C_3A) ^E es 8% o menos		3,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3	
Cuando (C_3A) ^E es más del 8%		3,5	F	F	4,5	F	F	
Pérdida por ignición, máx. %		3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0	
Residuo insoluble, máx. %		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	
Silicato tricálcico, (C_3S) ^E , máx. %		Véase Anexo A1	-	-	-	-	35 ^C	-
Silicato dicálcico, (C_2S) ^E , mín. %			-	-	-	-	40 ^C	-
Aluminato tricálcico (C_3A) ^E , máx. %	-		8	8	15	7 ^C	5 ^B	
Suma de $\text{C}_3\text{S} + 4,75\text{C}_3\text{A}$ ^G , máx. %	-		-	100 ^{C,H}	-	-	-	
Alumino-ferrito tetracálcico, más dos veces el aluminato tricálcico ($\text{C}_4\text{AF} + 2(\text{C}_3\text{A})$), ó solución sólida, ($\text{C}_4\text{AF} + \text{C}_3\text{F}$), como sea aplicable, máx. %	-		-	-	-	-	25 ^B	
	-		-	-	-	-	-	

Fuente: NTP 334.090



Figura 5. Cemento Portland Tipo I (Fuente: Cemento Andino)

Tabla 8

Propiedades del Cemento Tipo I

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	-0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	373	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	105	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	282	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	1.80	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.67	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.72	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	17.86	No específica
C ₃ S	%	54.88	No específica
C ₃ A	%	7.01	No específica
C ₄ AF	%	10.37	No específica
Álcalis Equivalentes			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Máximo 0.60*
Resistencia a los Sulfatos			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

Fuente: Cemento Andino

2.4.2. Diseño de Mezcla

El diseño de mezclas de concreto se realizó mediante el Método del ACI 211.1, calculando la proporción en Peso y Volumen. La norma ACI 211.1 especifica 9 pasos básicos para obtener un buen diseño de mezcla.

- ✓ Determinación de la resistencia promedio

- ✓ Elección del revenimiento
- ✓ Elección del tamaño máximo de agregado y contenido de aire
- ✓ Cálculo del agua de mezclado
- ✓ Selección de la relación agua- cemento
- ✓ Cálculo del contenido de cemento
- ✓ Estimación del contenido de agregado grueso
- ✓ Estimación del contenido de agregado fino
- ✓ Ajuste por humedad del agregado
- ✓ Cantidad corregido
- ✓ Dosificación
- ✓ Peso específico del concreto fresco

2.4.2.1. Diseño de Mezcla de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/ cm}^2$

ñ

1º. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO: Se desconoce el registro de resistencia de probetas correspondientes, por ende se empleó el siguiente.

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c+70$
210 – 350	$f'c+84$
>350	$f'c+98$

Donde:

$f'cr$: Resistencia Promedio de Diseño [kg/cm^2]

$f'c$: Resistencia Promedio [kg/cm^2]

Resistencia Promedio de Diseño:

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

$$f'cr = f'c + 84 = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 84 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 294 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'cr : 294 \text{ kg/cm}^2$$

- 2°. ELECCIÓN DEL REVENIMIENTO: Se elije según el tipo de construcción, para el presente estudio se determinó el SLUMP de 3" a 4".

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Muros de sub estructuras, cajones y zapatas sin refuerzo	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10.0	2.5
Columnas de edificios	10.0	2.5
Losas y pavimentos	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

- 3°. ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO Y CONTENIDO DE AIRE: Se elije según el tipo de construcción, para el presente estudio se determinó el tamaño máximo del agregado a 1/2", consecuente a ello se tiene la cantidad de 2.50% de aire atrapado.

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
6 "	0.2 %

Donde:

P_a : Peso del Aire atrapado [kgf]

A_a : Aire atrapado [m³]

PE_a : Peso Específico de Aire atrapado [kgf/m³]

Peso del Aire atrapado:

A_a : 2.50 m³

PE_a : 1000.00 kgf/m³

$$P_a = A_a \cdot PE_a = 2.50\text{m}^3 * 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 25.00\text{kgf}$$

P_a : 25.00 kgf

Donde:

V_a : Volumen del Aire atrapado [m³]

P_a : Peso del Aire atrapado [kgf]

PE_a : Peso Específico del Aire atrapado [kgf/m³]

Volumen del Aire atrapado:

P_a : 25.00 kgf

PE_a : 1000.00 kgf/m³

$$V_a = \frac{P_a}{PE_a} = \frac{25.00\text{kgf}}{1000.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}} = 0.025 \text{ m}^3$$

V_a : 0.025 m³

4°. CÁLCULO DEL AGUA DE MEZCLADO: El agua de mezclado se determinó considerando el tamaño máximo del agregado, el SLUM y el contenido de aire.

TABLA DE VOLÚMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	Agua en Lts/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 del ACI

Donde:

P_{H2O} : Peso del Agua [kgf]

P_{H2O} : Peso del Agua [L]

Peso del Agua:

P_{H2O} : 216.00 L

$P_{H2O} = 1\text{ L} = 1\text{ kgf} = 216.00\text{ L} = 216.00\text{ kgf}$

P_{H2O} : 216.00 kgf

Donde:

V_{H2O} : Volumen del Agua [m³]

P_{H2O} : Peso del Agua [kgf]

PE_{H2O} : Peso Específico del Agua [kgf/m³]

Volumen del Agua:

$$P_{H2O} : 216.00 \text{ kgf}$$

$$PE_{H2O} : 1000.00 \text{ kgf}/\text{m}^3$$

$$V_{H2O} = \frac{P_{H2O}}{PE_{H2O}} = \frac{216.00 \text{ kgf}}{1000.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}} = 0.216 \text{ m}^3$$

$$V_{H2O} : 0.216 \text{ m}^3$$

5°. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA- CEMENTO: Mediante interpolación se determinó la relación agua-cemento por resistencia y considerando el contenido de aire.

TABLA DE RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA

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

Donde:

A/C : Relación agua cemento [adimensional]

A/C_0 : Relación agua cemento inicial [adimensional]

A/C_i : Relación agua cemento final [adimensional]

$f'cr$: Resistencia promedio de diseño [kg/cm^2]

$f'cr_0$: Resistencia promedio de diseño inicial [kg/cm^2]

$f'cr_i$: Resistencia promedio de diseño final [kg/cm^2]

Relación agua cemento:

$$A/C_0 : 0.62$$

$$A/C_i : 0.55$$

$$f'cr : 294.00 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$f'cr_o : 250.00 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$f'cr_i : 300.00 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$A/C = A/C_0 + \frac{f'cr - f'cr_o}{f'cr_i - f'cr_o} (A/C_i - A/C_0) = 0.62 + \frac{294 - 250}{300 - 250} (0.55 - 0.62)$$

$$A/C = \mathbf{0.5584}$$

$$A/C : 0.5584$$

6°. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO: El cálculo de la cantidad de cemento se determina según la relación agua-cemento.

Donde:

P_c : Peso del Cemento [kgf]

P_{H2O} : Peso del Agua [kgf]

A/C : Relación Agua Cemento [adimensional]

Peso del Cemento:

$$P_{H2O} : 216.00 \text{ kgf}$$

$$A/C : 0.5584$$

$$P_c = \frac{P_{H2O}}{A/C} = \frac{216.00 \text{ kgf}}{0.5584} = \mathbf{386.82 \text{ kgf}}$$

P_C : 386.82 kgf

Donde:

V_C : Volumen del Cemento [m³]

P_C : Peso del Cemento [kgf]

PE_C : Peso Específico del Cemento [kgf/m³]

Volumen del Cemento:

P_C : 386.82 kgf

PE_C : 3150.00 kgf/m³

$$V_C = \frac{P_C}{PE_C} = \frac{386.82 \text{ kgf}}{3150.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}} = 0.1228 \text{ m}^3$$

V_C : 0.1228 m³

7°. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO: La cantidad del agregado grueso se determina mediante interpolación según el tamaño máximo del agregado grueso y según el módulo de finura del agregado fino.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO PARA DIFERENTES MODULOS DE FINURA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Donde:

AG : Contenido del Agregado Grueso Seco [m3]

AG_0 : Contenido del Agregado Grueso Seco inicial [m3]

AG_i : Contenido del Agregado Grueso Seco final [m3]

M : Modulo de finesa [adimensional]

M_o : Modulo de finesa inicial [adimensional]

M_i : Modulo de finesa final [adimensional]

Contenido de Agregado Grueso Seco:

AG_0 : 0.55 m3

AG_i : 0.53 m3

M : 3.074

M_o : 2.80

M_i : 3.00

$$AG = AG_0 + \frac{M - M_o}{M_i - M_o} (AG_i - AG_0) = 0.55 + \frac{3.074 - 2.80}{3.00 - 2.80} (0.53 - 0.55)$$

$AG = 0.5226 \text{ m3}$

AG : 0.5226 m3

Donde:

P_{AG} : Peso del Agregado Grueso Seco [kgf]

AG : Contenido del Agregado Grueso Seco [m3]

PU_{AG} : Peso Unitario del Agregado Grueso [kg/m3]

Peso del Agregado Grueso Seco:

$$AG : 0.5226 \text{ m}^3$$

$$PU_{AG} : 1450.00 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{AG} = AG \cdot PU_{AG} = 0.5226 \text{ m}^3 \cdot 1450.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 757.77 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} : 757.77 \text{ kgf}$$

Donde:

$$V_{AG} : \text{Volumen del Agregado Grueso [m}^3\text{]}$$

$$P_{AG} : \text{Peso del Agregado Grueso Seco [kgf]}$$

$$PE_{AG} : \text{Peso Específico del Agregado Grueso [kgf/m}^3\text{]}$$

Volumen del Agregado Grueso:

$$P_{AG} : 757.77 \text{ kgf}$$

$$PE_{AG} : 2568.00 \text{ kgf/m}^3$$

$$V_{AG} = \frac{P_{AG}}{PE_{AG}} = \frac{757.77 \text{ kgf}}{2568.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{AG} = 0.2951 \text{ m}^3$$

$$V_{AG} : 0.2951 \text{ m}^3$$

8°. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO: La estimación de la cantidad del agregado fina se determina mediante una resta matemática, en el cual a la unidad se resta los volúmenes del aire atrapado, volumen de agua, volumen de cemento y volumen del agregado grueso.

Donde:

V_{AF} : Volumen del Agregado Fino [m3]

V_a : Volumen del aire atrapado [m3]

V_{H2O} : Volumen del agua [m3]

V_C : Volumen del cemento [m3]

V_{AG} : Volumen del Agregado Grueso [m3]

Volumen del Agregado Fino:

V_a : 0.025 m3

V_{H2O} : 0.216 m3

V_C : 0.1228 m3

V_{AG} : 0.2951 m3

$V_{AF} = 1 - V_a - V_{H2O} - V_C - V_{AG}$

$V_{AF} = 1.000 - 0.0250 - 0.2160 - 0.1228 - 0.2951 = 0.3411 \text{ m3}$

V_{AF} : 0.3411 m3

Donde:

P_{AF} : Peso del Agregado Fino [kgf]

V_{AF} : Volumen del Agregado Fino [m3]

PE_{AF} : Peso Específico del Agregado Fino [kg/m3]

Peso del Agregado Fino:

$$V_{AF} : 0.3411 \text{ m}^3$$

$$PE_{AF} : 2534.00 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{AF} = V_{AF} \cdot PE_{AF} = 0.3411 \text{ m}^3 \cdot 2634.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 898.46 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} : 898.46 \text{ kgf}$$

9°. AJUSTE POR HUMEDAD DEL AGREGADO: En este apartado se corrigió el peso del agua por absorción y humedad del agregado; también se corrigió el peso del agregado por humedad.

9°A.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGUA

Donde:

$P_{H2O}C$: Peso del Agua corregido [kgf]

P_{H2O} : Peso del Agua [kgf]

P_{AG} : Peso del Agregado Grueso [kgf]

$A_G(\%)$: Absorción del Agregado Grueso [%]

P_G : Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]

P_{AF} : Peso del Agregado Fino [kgf]

$A_F(\%)$: Absorción del Agregado Fino [%]

P_F : Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]

Peso del Agua corregido:

$$P_{H2O} : 216.00 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} : 757.77 \text{ kgf}$$

$$A_G(\%): 0.725\%$$

$$P_G : 1.405\%$$

$$P_{AF} : 898.46 \text{ kgf}$$

$$A_F(\%): 1.779\%$$

$$P_F : 1.366\%$$

$$P_{H_2O}C = P_{H_2O} + P_{AG} \frac{A_G(\%) - P_G}{100} + P_{AF} \frac{A_F(\%) - P_F}{100}$$

$$P_{H_2O}C = 216.00 + 757.77 \frac{0.725 - 1.405}{100} + 898.46 \frac{1.779 - 1.366}{100}$$

$$P_{H_2O}C = 216.00 + - 5.15 + 3.71 = 214.56 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O}C : 214.56 \text{ kgf}$$

9°B.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Donde:

$P_{AG}C$: Peso del Agregado Grueso corregido [kgf]

P_{AG} : Peso del Agregado Grueso [kgf]

P_G : Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]

Peso del Agregado Grueso corregido:

$$P_{AG} : 757.77 \text{ kgf}$$

$$P_G : 1.405\%$$

$$P_{AG}C = P_{AG} \cdot \left(1 + \frac{P_G}{100}\right) = 757.77 \cdot \left(1 + \frac{1.405}{100}\right) = 768.42 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}C : 768.42 \text{ kgf}$$

9°C.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO FINO

Donde:

$P_{AF C}$: Peso del Agregado Fino corregido [kgf]

P_{AF} : Peso del Agregado Fino [kgf]

P_F : Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]

Peso del Agregado Fino corregido:

P_{AF} : 898.46 kgf

P_F : 1.366%

$$P_{AF C} = P_{AF} \cdot \left(1 + \frac{P_F}{100}\right) = 898.46 \cdot \left(1 + \frac{1.366}{100}\right) = 910.73 \text{ kgf}$$

$P_{AF C}$: 910.73 kgf

10°. CANTIDAD CORREGIDO: Son todas las cantidades reajustados.

Donde:

P_a : Peso del Aire atrapado [kgf]

$P_{H_2O C}$: Peso del Agua corregido [kgf]

P_C : Peso del Cemento [kgf]

$P_{AG C}$: Peso del Agregado Grueso corregido [kgf]

$P_{AF C}$: Peso del Agregado Fino corregido [kgf]

Pesos corregidos:

P_a : 25.00 kgf

$$P_{H_2O}C : 214.56 \text{ kgf}$$

$$P_C : 386.82 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}C : 768.42 \text{ kgf}$$

$$P_{AF}C : 910.73 \text{ kgf}$$

11°. DOSIFICACIÓN: La dosificación se elaboró en pesos, para cada kilogramo de cemento; se obtiene de dividir a todos los insumos sobre la cantidad de cemento.

$$P_{H_2O}C : 214.56 \text{ kgf} / 386.82 = 0.55 \text{ litros} = \text{AGUA}$$

$$P_C : 386.82 \text{ kgf} / 386.82 = 1.00 \text{ kgf} = \text{CEMENTO}$$

$$P_{AG}C : 768.42 \text{ kgf} / 386.82 = 1.99 \text{ kgf} = \text{AGREGADO GRUESO}$$

$$P_{AF}C : 910.73 \text{ kgf} / 386.82 = 2.35 \text{ kgf} = \text{AGREGADO FINO}$$

12°. PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO FRESCO:

Donde:

$$PE_{CF} : \text{Peso Específico del Concreto Fresco [kgf/m}^3\text{]}$$

$$P_a : \text{Peso del Aire atrapado [kgf]}$$

$$P_{H_2O}C : \text{Peso del Agua corregido [kgf]}$$

$$P_C : \text{Peso del Cemento [kgf]}$$

$$P_{AG}C : \text{Peso del Agregado Grueso corregido [kgf]}$$

$$P_{AF}C : \text{Peso del Agregado Fino corregido [kgf]}$$

Peso Específico del Concreto Fresco:

$$P_a : 25.00 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O}C : 214.56 \text{ kgf}$$

$$P_C : 386.82 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}C : 768.42 \text{ kgf}$$

$$P_{AF}C : 910.73 \text{ kgf}$$

$$P_{E_{CF}} = P_a + P_{H_2O}C + P_C + P_{AG}C + P_{AF}C$$

$$P_{E_{CF}} = 25.00 + 214.56 + 386.82 + 768.42 + 910.73 = 2305.53 \text{ kgf}/\text{m}^3$$

$$P_{E_{CF}} : 2305.53 \text{ kgf}/\text{m}^3$$

2.4.2.2. Diseño de Mezcla de Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 11\% \text{NFU}$

1°. VOLUMEN INICIAL: Son los volúmenes calculados inicialmente para el concreto estándar sin respectivas correcciones.

Donde:

V_a : Volumen del aire atrapado [m³]

V_{H_2O} : Volumen del agua [m³]

V_C : Volumen del cemento [m³]

V_{AG} : Volumen del Agregado Grueso [m³]

V_{AF} : Volumen del Agregado Fino [m³]

Volúmenes:

V_a : 0.025 m³

V_{H_2O} : 0.216 m³

$$V_C : 0.1228 \text{ m}^3$$

$$V_{AG} : 0.2951 \text{ m}^3$$

$$V_{AF} : 0.3411 \text{ m}^3$$

2°. VOLUMEN CON EL 11%NFU: Son los volúmenes calculados incluyendo el 11%NFU para el diseño de mezcla.

Donde:

$$V_a \mathbf{11\%NFU} : \text{Volumen del aire atrapado con el 11\%NFU [m}^3\text{]}$$

$$V_{H_2O} \mathbf{11\%NFU} : \text{Volumen del agua con el 11\%NFU [m}^3\text{]}$$

$$V_C \mathbf{11\%NFU} : \text{Volumen del cemento con el 11\%NFU [m}^3\text{]}$$

$$V_{AG} \mathbf{11\%NFU} : \text{Volumen del Agregado Grueso con el 11\%NFU [m}^3\text{]}$$

$$V_{AF} \mathbf{11\%NFU} : \text{Volumen del Agregado Fino con el 11\%NFU [m}^3\text{]}$$

Volúmenes:

$$V_a \mathbf{11\%NFU} = V_a \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.025 \cdot \frac{(100 - 11)}{100} = 0.0223 \text{ m}^3$$

$$V_{H_2O} \mathbf{11\%NFU} = V_{H_2O} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.216 \cdot \frac{(100 - 11)}{100} = 0.1922 \text{ m}^3$$

$$V_C \mathbf{11\%NFU} = V_C \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.1228 \cdot \frac{(100 - 11)}{100} = 0.1093 \text{ m}^3$$

$$V_{AG} \mathbf{11\%NFU} = V_{AG} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.2951 \cdot \frac{(100 - 11)}{100} = 0.2626 \text{ m}^3$$

$$V_{AF} \mathbf{11\%NFU} = V_{AF} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.3411 \cdot \frac{(100 - 11)}{100} = 0.3036 \text{ m}^3$$

$$V_a \mathbf{11\%NFU} : 0.0223 \text{ m}^3$$

$$V_{H_2O} \mathbf{11\%NFU} : 0.1922 \text{ m}^3$$

$$V_C 11\%NFU : 0.1093 \text{ m}^3$$

$$V_{AG} 11\%NFU : 0.2626 \text{ m}^3$$

$$V_{AF} 11\%NFU : 0.3036 \text{ m}^3$$

3°. VOLUMEN DEL 11%NFU: El volumen del Neumático Fuera de Uso es el 11% de un metro cubico de volumen.

Donde:

$$V_{11\%NFU} : \text{Volumen del 11\%NFU [m}^3\text{]}$$

Volumen del 11%NFU:

$$V_{11\%NFU} = 1\text{m}^3 \cdot \frac{11}{100} = 0.1100 \text{ m}^3$$

$$V_{11\%NFU} : 0.1100 \text{ m}^3$$

4°. PESOS CON EL 11%NFU: Son los pesos calculados mediante los volúmenes y peso específicos.

Donde:

$$P_a 11\%NFU : \text{Peso del aire atrapado con el 11\%NFU [kgf]}$$

$$P_{H_2O} 11\%NFU : \text{Peso del agua con el 11\%NFU [kgf]}$$

$$P_C 11\%NFU : \text{Peso del cemento con el 11\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AG} 11\%NFU : \text{Peso del Agregado Grueso con el 11\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AF} 11\%NFU : \text{Peso del Agregado Fino con el 11\%NFU [kgf]}$$

$$P_{11\%NFU} : \text{Peso del 11\%NFU [kgf]}$$

Pesos:

$$P_a 11\%NFU = V_a 11\%NFU \cdot PE_a = 0.0223 \text{ m}^3 \cdot 1000.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 22.30 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O} 11\%NFU = V_{H_2O} 11\%NFU \cdot PE_{H_2O} = 0.1922 \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 192.24 \text{ kgf}$$

$$P_c 11\%NFU = V_c 11\%NFU \cdot PE_c = 0.1093 \text{ m}^3 \cdot 3150.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 344.27 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} 11\%NFU = V_{AG} 11\%NFU \cdot PE_{AG} = 0.2626 \text{ m}^3 \cdot 2568.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 674.46 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} 11\%NFU = V_{AF} 11\%NFU \cdot PE_{AF} = 0.3036 \text{ m}^3 \cdot 2534.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 769.27 \text{ kgf}$$

$$P_{11\%NFU} = V_{11\%NFU} \cdot PE_{NFU} = 0.1100 \text{ m}^3 \cdot 1159.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 127.49 \text{ kgf}$$

$$P_a 11\%NFU : 22.30 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O} 11\%NFU : 192.24 \text{ kgf}$$

$$P_c 11\%NFU : 344.27 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} 11\%NFU : 674.46 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} 11\%NFU : 769.27 \text{ kgf}$$

$$P_{11\%NFU} : 127.49 \text{ kgf}$$

5°. AJUSTE POR HUMEDAD CON EL 11%NFU:

5°A.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGUA

Donde:

$$P_{H_2O} 11\%NFU - C : \text{Peso del agua con el 11\%NFU corregido [kgf]}$$

$P_{H_2O}11\%NFU$: Peso del agua con el 11%NFU [kgf]
$P_{AG}11\%NFU$: Peso del Agregado Grueso con el 11%NFU [kgf]
$A_G(\%)$: Absorción del Agregado Grueso [%]
P_G	: Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]
$P_{AF}11\%NFU$: Peso del Agregado Fino con el 11%NFU [kgf]
$A_F(\%)$: Absorción del Agregado Fino [%]
P_F	: Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]
$P_{11\%NFU}$: Peso del 11%NFU [kgf]
$A_{NFU}(\%)$: Absorción del NFU [%]
P_{NFU}	: Contenido de Humedad del NFU [%]

Peso del agua con el 11%NFU corregido:

$P_{H_2O}11\%NFU$: 192.24 kgf
$P_{AG}11\%NFU$: 674.46 kgf
$A_G(\%)$: 0.725%
P_G	: 1.405%
$P_{AF}11\%NFU$: 769.27 kgf
$A_F(\%)$: 1.779%
P_F	: 1.366%
$P_{11\%NFU}$: 127.49 kgf
$A_{NFU}(\%)$: 2.021%
P_{NFU}	: 0.742%

$$P_{H2O}11\%NFU - C$$

$$= P_{H2O}11\%NFU + P_{AG}11\%NFU \frac{A_G(\%) - P_G}{100} \\ + P_{AF}11\%NFU \frac{A_F(\%) - P_F}{100} + P_{11\%NFU} \frac{A_{NFU}(\%) - P_{NFU}}{100}$$

$$P_{H2O}11\%NFU - C$$

$$= 192.24 + 674.46 \frac{0.725 - 1.405}{100} + 769.27 \frac{1.779 - 1.366}{100} \\ + 127.49 \frac{2.021 - 0.742}{100}$$

$$P_{H2O}11\%NFU - C = 192.24 + - 4.59 + 3.18 + 1.63 = 192.46 \text{ kgf}$$

$$P_{H2O}11\%NFU - C : 192.46 \text{ kgf}$$

5°B.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Donde:

$P_{AG}11\%NFU - C$: Peso del Agregado Grueso con el 11%NFU corregido [kgf]

$P_{AG}11\%NFU$: Peso del Agregado Grueso con el 11%NFU [kgf]

P_G : Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]

Peso del Agregado Grueso con el 11%NFU corregido:

$P_{AG}11\%NFU$: 674.46 kgf

P_G : 1.405%

$$P_{AG}11\%NFU - C = P_{AG}11\%NFU \cdot \left(1 + \frac{P_G}{100}\right) = 674.46 \cdot \left(1 + \frac{1.405}{100}\right)$$

$$P_{AG}11\%NFU - C = 683.94 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}11\%NFU - C : 683.94 \text{ kgf}$$

5°C.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO FINO

Donde:

$P_{AF11\%NFU - C}$: Peso del Agregado Fino con el 11%NFU corregido [kgf]

$P_{AF11\%NFU}$: Peso del Agregado Fino con el 11%NFU [kgf]

P_F : Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]

Peso del Agregado Fino con el 11%NFU corregido:

$P_{AF11\%NFU}$: 769.27 kgf

P_F : 1.366%

$$P_{AF11\%NFU - C} = P_{AF11\%NFU} \cdot \left(1 + \frac{P_F}{100}\right) = 769.27 \cdot \left(1 + \frac{1.366}{100}\right)$$

$P_{AF11\%NFU - C} = 779.78 \text{ kgf}$

$P_{AF11\%NFU - C}$: 779.78 kgf

5°D.CORRECCIÓN DEL PESO DEL NFU

Donde:

$P_{11\%NFU C}$: Peso del 11%NFU corregido [kgf]

$P_{11\%NFU}$: Peso del 11%NFU [kgf]

P_{NFU} : Contenido de Humedad del NFU [%]

Peso del 11%NFU corregido:

$P_{11\%NFU}$: 127.49 kgf

P_{NFU} : 0.742%

$$P_{11\%NFU}C = P_{11\%NFU} \cdot \left(1 + \frac{P_{NFU}}{100}\right) = 127.49 \cdot \left(1 + \frac{0.742}{100}\right) = 128.44 \text{ kgf}$$

$$P_{11\%NFU}C : 128.44 \text{ kgf}$$

6°. CANTIDAD CORREGIDO CON EL 11%NFU: Son todas las cantidades reajustados.

Donde:

$$P_a11\%NFU : \text{Peso del aire atrapado con el 11\%NFU [kgf]}$$

$$P_{H2O}11\%NFU - C : \text{Peso del agua con el 11\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_C11\%NFU : \text{Peso del cemento con el 11\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AG}11\%NFU - C : \text{Peso del Agregado Grueso con el 11\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{AF}11\%NFU - C : \text{Peso del Agregado Fino con el 11\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{11\%NFU}C : \text{Peso del 11\%NFU corregido [kgf]}$$

Pesos corregidos:

$$P_a11\%NFU : 22.30 \text{ kgf}$$

$$P_{H2O}11\%NFU - C : 192.46 \text{ kgf}$$

$$P_C11\%NFU : 344.27 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}11\%NFU - C : 683.94 \text{ kgf}$$

$$P_{AF}11\%NFU - C : 779.78 \text{ kgf}$$

$$P_{11\%NFU}C : 128.44 \text{ kgf}$$

7°. DOSIFICACIÓN CON EL 11%NFU: La dosificación se elaboró en pesos, para cada kilogramo de cemento; se obtiene de dividir a todos los insumos sobre la cantidad de cemento.

$$\begin{aligned}
 P_{H_2O}11\%NFU - C & : 192.46 \text{ kgf} / 344.27 = 0.56 \text{ litros} & = \text{AGUA} \\
 P_C11\%NFU & : 344.27 \text{ kgf} / 344.27 = 1.00 \text{ kgf} & = \text{CEMENTO} \\
 P_{AG}11\%NFU - C & : 683.94 \text{ kgf} / 344.27 = 1.99 \text{ kgf} & = \text{AGREGADO GRUESO} \\
 P_{AF}11\%NFU - C & : 779.78 \text{ kgf} / 344.27 = 2.27 \text{ kgf} & = \text{AGREGADO FINO} \\
 P_{11\%NFU}C & : 128.44 \text{ kgf} / 344.27 = 0.37 \text{ kgf} & = \text{NFU}
 \end{aligned}$$

8°. PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO FRESCO CON EL 11%NFU:

Donde:

$$\begin{aligned}
 P_{ECF11\%NFU} & : \text{Peso Específico del Concreto Fresco con el 11\%NFU [kgf/m}^3\text{]} \\
 P_a11\%NFU & : \text{Peso del aire atrapado con el 11\%NFU [kgf]} \\
 P_{H_2O}11\%NFU - C & : \text{Peso del agua con el 11\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_C11\%NFU & : \text{Peso del cemento con el 11\%NFU [kgf]} \\
 P_{AG}11\%NFU - C & : \text{Peso del Agregado Grueso con el 11\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_{AF}11\%NFU - C & : \text{Peso del Agregado Fino con el 11\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_{11\%NFU}C & : \text{Peso del 11\%NFU corregido [kgf]}
 \end{aligned}$$

Peso Específico del Concreto Fresco con el 11%NFU:

$$\begin{aligned}
 P_a11\%NFU & : 22.30 \text{ kgf} \\
 P_{H_2O}11\%NFU - C & : 192.46 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

$$P_C 11\%NFU : 344.27 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} 11\%NFU - C : 683.94 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} 11\%NFU - C : 779.78 \text{ kgf}$$

$$P_{11\%NFU} C : 128.44 \text{ kgf}$$

$$P_{E_{CF11\%NFU}} = \text{SUMATORIA DE PESOS}$$

$$P_{E_{CF11\%NFU}} : 2151.19 \text{ kgf/m}^3$$

2.4.2.2. Diseño de Mezcla de Concreto F'c = 210 kg/ cm2 + 12%NFU

1°. VOLUMEN INICIAL: Son los volúmenes calculados inicialmente para el concreto estándar sin respectivas correcciones.

Donde:

V_a : Volumen del aire atrapado [m3]

V_{H2O} : Volumen del agua [m3]

V_C : Volumen del cemento [m3]

V_{AG} : Volumen del Agregado Grueso [m3]

V_{AF} : Volumen del Agregado Fino [m3]

Volúmenes:

V_a : 0.025 m3

V_{H2O} : 0.216 m3

V_C : 0.1228 m3

V_{AG} : 0.2951 m3

$$V_{AF} : 0.3411 \text{ m}^3$$

2°. VOLUMEN CON EL 12%NFU: Son los volúmenes calculados incluyendo el 12%NFU para el diseño de mezcla.

Donde:

V_a 12%NFU : Volumen del aire atrapado con el 12%NFU [m3]

V_{H2O} 12%NFU : Volumen del agua con el 12%NFU [m3]

V_c 12%NFU : Volumen del cemento con el 12%NFU [m3]

V_{AG} 12%NFU : Volumen del Agregado Grueso con el 12%NFU [m3]

V_{AF} 12%NFU : Volumen del Agregado Fino con el 12%NFU [m3]

Volúmenes:

$$V_a12\%NFU = V_a \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.025 \cdot \frac{(100 - 12)}{100} = 0.0220 \text{ m}^3$$

$$V_{H2O}12\%NFU = V_{H2O} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.216 \cdot \frac{(100 - 12)}{100} = 0.1901 \text{ m}^3$$

$$V_c12\%NFU = V_c \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.1228 \cdot \frac{(100 - 12)}{100} = 0.1080 \text{ m}^3$$

$$V_{AG}12\%NFU = V_{AG} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.2951 \cdot \frac{(100 - 12)}{100} = 0.2597 \text{ m}^3$$

$$V_{AF}12\%NFU = V_{AF} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.3411 \cdot \frac{(100 - 12)}{100} = 0.3002 \text{ m}^3$$

V_a 12%NFU : 0.0220 m3

V_{H2O} 12%NFU : 0.1901 m3

V_c 12%NFU : 0.1080 m3

V_{AG} 12%NFU : 0.2597 m3

$$V_{AF12\%NFU} : 0.3002 \text{ m}^3$$

3°. VOLUMEN DEL 12%NFU: El volumen del Neumático Fuera de Uso es el 12% de un metro cubico de volumen.

Donde:

$$V_{12\%NFU} : \text{Volumen del 12\%NFU [m}^3\text{]}$$

Volumen del 12%NFU:

$$V_{12\%NFU} = 1\text{m}^3 \cdot \frac{12}{100} = 0.1200 \text{ m}^3$$

$$V_{12\%NFU} : 0.1200 \text{ m}^3$$

4°. PESOS CON EL 12%NFU: Son los pesos calculados mediante los volúmenes y peso específicos.

Donde:

$$P_a12\%NFU : \text{Peso del aire atrapado con el 12\%NFU [kgf]}$$

$$P_{H2O}12\%NFU : \text{Peso del agua con el 12\%NFU [kgf]}$$

$$P_c12\%NFU : \text{Peso del cemento con el 12\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AG}12\%NFU : \text{Peso del Agregado Grueso con el 12\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AF}12\%NFU : \text{Peso del Agregado Fino con el 12\%NFU [kgf]}$$

$$P_{12\%NFU} : \text{Peso del 12\%NFU [kgf]}$$

Pesos:

$$P_{a12\%NFU} = V_{a12\%NFU} \cdot PE_a = 0.0220 \text{ m}^3 \cdot 1000.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 22.00 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O12\%NFU} = V_{H_2O12\%NFU} \cdot PE_{H_2O} = 0.1901 \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 190.10 \text{ kgf}$$

$$P_C12\%NFU = V_C12\%NFU \cdot PE_C = 0.1080 \text{ m}^3 \cdot 3150.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 340.20 \text{ kgf}$$

$$P_{AG12\%NFU} = V_{AG12\%NFU} \cdot PE_{AG} = 0.2597 \text{ m}^3 \cdot 2568.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 666.91 \text{ kgf}$$

$$P_{AF12\%NFU} = V_{AF12\%NFU} \cdot PE_{AF} = 0.3002 \text{ m}^3 \cdot 2534.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 760.71 \text{ kgf}$$

$$P_{12\%NFU} = V_{12\%NFU} \cdot PE_{NFU} = 0.1200 \text{ m}^3 \cdot 1159.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 139.08 \text{ kgf}$$

$$P_{a12\%NFU} : 22.00 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O12\%NFU} : 190.10 \text{ kgf}$$

$$P_C12\%NFU : 340.20 \text{ kgf}$$

$$P_{AG12\%NFU} : 666.91 \text{ kgf}$$

$$P_{AF12\%NFU} : 760.71 \text{ kgf}$$

$$P_{12\%NFU} : 139.08 \text{ kgf}$$

5°. AJUSTE POR HUMEDAD CON EL 12%NFU:

5°A.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGUA

Donde:

$$P_{H_2O12\%NFU} - C : \text{Peso del agua con el 12\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{H_2O12\%NFU} : \text{Peso del agua con el 12\%NFU [kgf]}$$

$P_{AG\ 12\%NFU}$: Peso del Agregado Grueso con el 12%NFU [kgf]
$A_G(\%)$: Absorción del Agregado Grueso [%]
P_G	: Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]
$P_{AF\ 12\%NFU}$: Peso del Agregado Fino con el 12%NFU [kgf]
$A_F(\%)$: Absorción del Agregado Fino [%]
P_F	: Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]
$P_{12\%NFU}$: Peso del 12%NFU [kgf]
$A_{NFU}(\%)$: Absorción del NFU [%]
P_{NFU}	: Contenido de Humedad del NFU [%]

Peso del agua con el 12%NFU corregido:

$P_{H_2O\ 12\%NFU}$: 190.10 kgf
$P_{AG\ 12\%NFU}$: 666.91 kgf
$A_G(\%)$: 0.725%
P_G	: 1.405%
$P_{AF\ 12\%NFU}$: 760.71 kgf
$A_F(\%)$: 1.779%
P_F	: 1.366%
$P_{12\%NFU}$: 139.08 kgf
$A_{NFU}(\%)$: 2.021%
P_{NFU}	: 0.742%

$$P_{H2O}12\%NFU - C$$

$$= P_{H2O}12\%NFU + P_{AG}12\%NFU \frac{A_G(\%) - P_G}{100} \\ + P_{AF}12\%NFU \frac{A_F(\%) - P_F}{100} + P_{12\%NFU} \frac{A_{NFU}(\%) - P_{NFU}}{100}$$

$$P_{H2O}12\%NFU - C$$

$$= 190.10 + 666.91 \frac{0.725 - 1.405}{100} + 760.71 \frac{1.779 - 1.366}{100} \\ + 139.08 \frac{2.021 - 0.742}{100}$$

$$P_{H2O}12\%NFU - C = 190.10 + - 4.54 + 3.14 + 1.79 = 190.49 \text{ kgf}$$

$$P_{H2O}12\%NFU - C : 190.49 \text{ kgf}$$

5°B.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Donde:

$P_{AG}12\%NFU - C$: Peso del Agregado Grueso con el 12%NFU corregido [kgf]

$P_{AG}12\%NFU$: Peso del Agregado Grueso con el 12%NFU [kgf]

P_G : Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]

Peso del Agregado Grueso con el 12%NFU corregido:

$P_{AG}12\%NFU$: 666.91 kgf

P_G : 1.405%

$$P_{AG}12\%NFU - C = P_{AG}12\%NFU \cdot \left(1 + \frac{P_G}{100}\right) = 666.91 \cdot \left(1 + \frac{1.405}{100}\right)$$

$$P_{AG}12\%NFU - C = 676.28 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}12\%NFU - C : 676.28 \text{ kgf}$$

5°C.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO FINO

Donde:

$P_{AF12\%NFU - C}$: Peso del Agregado Fino con el 12%NFU corregido [kgf]

$P_{AF12\%NFU}$: Peso del Agregado Fino con el 12%NFU [kgf]

P_F : Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]

Peso del Agregado Fino con el 12%NFU corregido:

$P_{AF12\%NFU}$: 760.71 kgf

P_F : 1.366%

$$P_{AF12\%NFU - C} = P_{AF12\%NFU} \cdot \left(1 + \frac{P_F}{100}\right) = 760.71 \cdot \left(1 + \frac{1.366}{100}\right)$$

$$P_{AF12\%NFU - C} = 771.10 \text{ kgf}$$

$P_{AF12\%NFU - C}$: 771.10 kgf

5°D.CORRECCIÓN DEL PESO DEL NFU

Donde:

$P_{12\%NFU C}$: Peso del 12%NFU corregido [kgf]

$P_{12\%NFU}$: Peso del 12%NFU [kgf]

P_{NFU} : Contenido de Humedad del NFU [%]

Peso del 12%NFU corregido:

$P_{12\%NFU}$: 139.08 kgf

P_{NFU} : 0.742%

$$P_{12\%NFU}C = P_{12\%NFU} \cdot \left(1 + \frac{P_{NFU}}{100}\right) = 139.08 \cdot \left(1 + \frac{0.742}{100}\right) = 140.11 \text{ kgf}$$

$$P_{12\%NFU}C : 140.11 \text{ kgf}$$

6°. CANTIDAD CORREGIDO CON EL 12%NFU: Son todas las cantidades reajustados.

Donde:

$$P_a12\%NFU : \text{Peso del aire atrapado con el 12\%NFU [kgf]}$$

$$P_{H2O}12\%NFU - C : \text{Peso del agua con el 12\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_C12\%NFU : \text{Peso del cemento con el 12\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AG}12\%NFU - C : \text{Peso del Agregado Grueso con el 12\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{AF}12\%NFU - C : \text{Peso del Agregado Fino con el 12\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{12\%NFU}C : \text{Peso del 12\%NFU corregido [kgf]}$$

Pesos corregidos:

$$P_a12\%NFU : 22.00 \text{ kgf}$$

$$P_{H2O}12\%NFU - C : 190.49 \text{ kgf}$$

$$P_C12\%NFU : 340.20 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}12\%NFU - C : 676.28 \text{ kgf}$$

$$P_{AF}12\%NFU - C : 771.10 \text{ kgf}$$

$$P_{12\%NFU}C : 140.11 \text{ kgf}$$

7°. DOSIFICACIÓN CON EL 12%NFU: La dosificación se elaboró en pesos, para cada kilogramo de cemento; se obtiene de dividir a todos los insumos sobre la cantidad de cemento.

$$\begin{aligned}
 P_{H_2O}12\%NFU - C & : 190.49 \text{ kgf} / 340.20 = 0.56 \text{ litros} & = \text{AGUA} \\
 P_C12\%NFU & : 340.20 \text{ kgf} / 340.20 = 1.00 \text{ kgf} & = \text{CEMENTO} \\
 P_{AG}12\%NFU - C & : 676.28 \text{ kgf} / 340.20 = 1.98 \text{ kgf} & = \text{AGREGADO GRUESO} \\
 P_{AF}12\%NFU - C & : 771.10 \text{ kgf} / 340.20 = 2.27 \text{ kgf} & = \text{AGREGADO FINO} \\
 P_{12\%NFU}C & : 140.11 \text{ kgf} / 340.20 = 0.41 \text{ kgf} & = \text{NFU}
 \end{aligned}$$

8°. PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO FRESCO CON EL 12%NFU:

Donde:

$$\begin{aligned}
 P_{E_{CF}12\%NFU} & : \text{Peso Específico del Concreto Fresco con el 12\%NFU [kgf/m}^3\text{]} \\
 P_a12\%NFU & : \text{Peso del aire atrapado con el 12\%NFU [kgf]} \\
 P_{H_2O}12\%NFU - C & : \text{Peso del agua con el 12\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_C12\%NFU & : \text{Peso del cemento con el 12\%NFU [kgf]} \\
 P_{AG}12\%NFU - C & : \text{Peso del Agregado Grueso con el 12\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_{AF}12\%NFU - C & : \text{Peso del Agregado Fino con el 12\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_{12\%NFU}C & : \text{Peso del 12\%NFU corregido [kgf]}
 \end{aligned}$$

Peso Específico del Concreto Fresco con el 12%NFU:

$$\begin{aligned}
 P_a12\%NFU & : 22.00 \text{ kgf} \\
 P_{H_2O}12\%NFU - C & : 190.49 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

$$P_C 12\%NFU : 340.20 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} 12\%NFU - C : 676.28 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} 12\%NFU - C : 771.10 \text{ kgf}$$

$$P_{12\%NFU} C : 140.11 \text{ kgf}$$

$$PE_{CF12\%NFU} = \text{SUMATORIA DE PESOS}$$

$$PE_{CF12\%NFU} : 2140.18 \text{ kgf}/\text{m}^3$$

2.4.2.2. Diseño de Mezcla de Concreto $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 13\%NFU$

1°. VOLUMEN INICIAL: Son los volúmenes calculados inicialmente para el concreto estándar sin respectivas correcciones.

Donde:

$$V_a : \text{Volumen del aire atrapado [m}^3\text{]}$$

$$V_{H2O} : \text{Volumen del agua [m}^3\text{]}$$

$$V_C : \text{Volumen del cemento [m}^3\text{]}$$

$$V_{AG} : \text{Volumen del Agregado Grueso [m}^3\text{]}$$

$$V_{AF} : \text{Volumen del Agregado Fino [m}^3\text{]}$$

Volúmenes:

$$V_a : 0.025 \text{ m}^3$$

$$V_{H2O} : 0.216 \text{ m}^3$$

$$V_C : 0.1228 \text{ m}^3$$

$$V_{AG} : 0.2951 \text{ m}^3$$

$$V_{AF} : 0.3411 \text{ m}^3$$

2°. VOLUMEN CON EL 13%NFU: Son los volúmenes calculados incluyendo el 13%NFU para el diseño de mezcla.

Donde:

$$V_a \mathbf{13\%NFU} : \text{Volumen del aire atrapado con el 13\%NFU [m}^3\text{]}$$

$$V_{H_2O} \mathbf{13\%NFU} : \text{Volumen del agua con el 13\%NFU [m}^3\text{]}$$

$$V_c \mathbf{13\%NFU} : \text{Volumen del cemento con el 13\%NFU [m}^3\text{]}$$

$$V_{AG} \mathbf{13\%NFU} : \text{Volumen del Agregado Grueso con el 13\%NFU [m}^3\text{]}$$

$$V_{AF} \mathbf{13\%NFU} : \text{Volumen del Agregado Fino con el 13\%NFU [m}^3\text{]}$$

Volúmenes:

$$V_a \mathbf{13\%NFU} = V_a \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.025 \cdot \frac{(100 - 13)}{100} = 0.0218 \text{ m}^3$$

$$V_{H_2O} \mathbf{13\%NFU} = V_{H_2O} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.216 \cdot \frac{(100 - 13)}{100} = 0.1879 \text{ m}^3$$

$$V_c \mathbf{13\%NFU} = V_c \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.1228 \cdot \frac{(100 - 13)}{100} = 0.1068 \text{ m}^3$$

$$V_{AG} \mathbf{13\%NFU} = V_{AG} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.2951 \cdot \frac{(100 - 13)}{100} = 0.2567 \text{ m}^3$$

$$V_{AF} \mathbf{13\%NFU} = V_{AF} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.3411 \cdot \frac{(100 - 13)}{100} = 0.2968 \text{ m}^3$$

$$V_a \mathbf{13\%NFU} : 0.0218 \text{ m}^3$$

$$V_{H_2O} \mathbf{13\%NFU} : 0.1879 \text{ m}^3$$

$$V_c \mathbf{13\%NFU} : 0.1068 \text{ m}^3$$

$$V_{AG}13\%NFU : 0.2567 \text{ m}^3$$

$$V_{AF}13\%NFU : 0.2968 \text{ m}^3$$

3°. VOLUMEN DEL 13%NFU: El volumen del Neumático Fuera de Uso es el 13% de un metro cubico de volumen.

Donde:

$$V_{13\%NFU} : \text{Volumen del 13\%NFU [m}^3\text{]}$$

Volumen del 13%NFU:

$$V_{13\%NFU} = 1\text{m}^3 \cdot \frac{13}{100} = 0.1300 \text{ m}^3$$

$$V_{13\%NFU} : 0.1300 \text{ m}^3$$

4°. PESOS CON EL 13%NFU: Son los pesos calculados mediante los volúmenes y peso específicos.

Donde:

$$P_a13\%NFU : \text{Peso del aire atrapado con el 13\%NFU [kgf]}$$

$$P_{H2O}13\%NFU : \text{Peso del agua con el 13\%NFU [kgf]}$$

$$P_c13\%NFU : \text{Peso del cemento con el 13\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AG}13\%NFU : \text{Peso del Agregado Grueso con el 13\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AF}13\%NFU : \text{Peso del Agregado Fino con el 13\%NFU [kgf]}$$

$$P_{13\%NFU} : \text{Peso del 13\%NFU [kgf]}$$

Pesos:

$$P_a13\%NFU = V_a13\%NFU \cdot PE_a = 0.0218 \text{ m}^3 \cdot 1000.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 21.80 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O}13\%NFU = V_{H_2O}13\%NFU \cdot PE_{H_2O} = 0.1879 \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 187.90 \text{ kgf}$$

$$P_c13\%NFU = V_c13\%NFU \cdot PE_c = 0.1068 \text{ m}^3 \cdot 3150.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 336.42 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}13\%NFU = V_{AG}13\%NFU \cdot PE_{AG} = 0.2597 \text{ m}^3 \cdot 2568.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 659.21 \text{ kgf}$$

$$P_{AF}13\%NFU = V_{AF}13\%NFU \cdot PE_{AF} = 0.2968 \text{ m}^3 \cdot 2534.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 752.09 \text{ kgf}$$

$$P_{13\%NFU} = V_{13\%NFU} \cdot PE_{NFU} = 0.1300 \text{ m}^3 \cdot 1159.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 150.67 \text{ kgf}$$

$$P_a13\%NFU \quad : 21.80 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O}13\%NFU \quad : 187.90 \text{ kgf}$$

$$P_c13\%NFU \quad : 336.42 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}13\%NFU \quad : 659.21 \text{ kgf}$$

$$P_{AF}13\%NFU \quad : 752.09 \text{ kgf}$$

$$P_{13\%NFU} \quad : 150.67 \text{ kgf}$$

5°. AJUSTE POR HUMEDAD CON EL 13%NFU:

5°A.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGUA

Donde:

$$P_{H_2O}13\%NFU - C \quad : \text{Peso del agua con el 13\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{H_2O}13\%NFU \quad : \text{Peso del agua con el 13\%NFU [kgf]}$$

$P_{AG\ 13\%NFU}$: Peso del Agregado Grueso con el 13%NFU [kgf]
$A_G(\%)$: Absorción del Agregado Grueso [%]
P_G	: Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]
$P_{AF\ 13\%NFU}$: Peso del Agregado Fino con el 13%NFU [kgf]
$A_F(\%)$: Absorción del Agregado Fino [%]
P_F	: Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]
$P_{13\%NFU}$: Peso del 13%NFU [kgf]
$A_{NFU}(\%)$: Absorción del NFU [%]
P_{NFU}	: Contenido de Humedad del NFU [%]

Peso del agua con el 13%NFU corregido:

$P_{H_2O\ 13\%NFU}$: 187.90 kgf
$P_{AG\ 13\%NFU}$: 659.21 kgf
$A_G(\%)$: 0.725%
P_G	: 1.405%
$P_{AF\ 13\%NFU}$: 752.09 kgf
$A_F(\%)$: 1.779%
P_F	: 1.366%
$P_{13\%NFU}$: 150.67 kgf
$A_{NFU}(\%)$: 2.021%
P_{NFU}	: 0.742%

$$P_{H2O}13\%NFU - C$$

$$= P_{H2O}13\%NFU + P_{AG}13\%NFU \frac{A_G(\%) - P_G}{100} \\ + P_{AF}13\%NFU \frac{A_F(\%) - P_F}{100} + P_{13\%NFU} \frac{A_{NFU}(\%) - P_{NFU}}{100}$$

$$P_{H2O}13\%NFU - C$$

$$= 187.90 + 659.21 \frac{0.725 - 1.405}{100} + 752.09 \frac{1.779 - 1.366}{100} \\ + 150.67 \frac{2.021 - 0.742}{100}$$

$$P_{H2O}13\%NFU - C = 187.90 + - 4.48 + 3.11 + 1.93 = 188.46 \text{ kgf}$$

$$P_{H2O}13\%NFU - C : 188.46 \text{ kgf}$$

5°B.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Donde:

$P_{AG}13\%NFU - C$: Peso del Agregado Grueso con el 13%NFU corregido [kgf]

$P_{AG}13\%NFU$: Peso del Agregado Grueso con el 13%NFU [kgf]

P_G : Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]

Peso del Agregado Grueso con el 13%NFU corregido:

$P_{AG}13\%NFU$: 659.21 kgf

P_G : 1.405%

$$P_{AG}13\%NFU - C = P_{AG}13\%NFU \cdot \left(1 + \frac{P_G}{100}\right) = 659.21 \cdot \left(1 + \frac{1.405}{100}\right)$$

$$P_{AG}13\%NFU - C = 668.47 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}13\%NFU - C : 668.47 \text{ kgf}$$

5°C.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO FINO

Donde:

$P_{AF13\%NFU - C}$: Peso del Agregado Fino con el 13%NFU corregido [kgf]

$P_{AF13\%NFU}$: Peso del Agregado Fino con el 13%NFU [kgf]

P_F : Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]

Peso del Agregado Fino con el 13%NFU corregido:

$P_{AF13\%NFU}$: 752.09 kgf

P_F : 1.366%

$$P_{AF13\%NFU - C} = P_{AF13\%NFU} \cdot \left(1 + \frac{P_F}{100}\right) = 752.09 \cdot \left(1 + \frac{1.366}{100}\right)$$

$$P_{AF13\%NFU - C} = 762.36 \text{ kgf}$$

$P_{AF13\%NFU - C}$: 762.36 kgf

5°D.CORRECCIÓN DEL PESO DEL NFU

Donde:

$P_{13\%NFU C}$: Peso del 13%NFU corregido [kgf]

$P_{13\%NFU}$: Peso del 13%NFU [kgf]

P_{NFU} : Contenido de Humedad del NFU [%]

Peso del 13%NFU corregido:

$P_{13\%NFU}$: 150.67 kgf

P_{NFU} : 0.742%

$$P_{13\%NFUC} = P_{13\%NFU} \cdot \left(1 + \frac{P_{NFU}}{100}\right) = 150.67 \cdot \left(1 + \frac{0.742}{100}\right) = 151.79 \text{ kgf}$$

$$P_{13\%NFUC} \quad : 151.79 \text{ kgf}$$

6°. CANTIDAD CORREGIDO CON EL 13%NFU: Son todas las cantidades reajustados.

Donde:

$$P_a 13\%NFU \quad : \text{Peso del aire atrapado con el 13\%NFU [kgf]}$$

$$P_{H2O} 13\%NFU - C \quad : \text{Peso del agua con el 13\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_C 13\%NFU \quad : \text{Peso del cemento con el 13\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AG} 13\%NFU - C \quad : \text{Peso del Agregado Grueso con el 13\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{AF} 13\%NFU - C \quad : \text{Peso del Agregado Fino con el 13\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{13\%NFUC} \quad : \text{Peso del 13\%NFU corregido [kgf]}$$

Pesos corregidos:

$$P_a 13\%NFU \quad : 21.80 \text{ kgf}$$

$$P_{H2O} 13\%NFU - C \quad : 188.46 \text{ kgf}$$

$$P_C 13\%NFU \quad : 336.42 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} 13\%NFU - C \quad : 668.47 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} 13\%NFU - C \quad : 762.36 \text{ kgf}$$

$$P_{13\%NFUC} \quad : 151.79 \text{ kgf}$$

7°. DOSIFICACIÓN CON EL 13%NFU: La dosificación se elaboró en pesos, para cada kilogramo de cemento; se obtiene de dividir a todos los insumos sobre la cantidad de cemento.

$$\begin{aligned}
 P_{H_2O}13\%NFU - C & : 188.46 \text{ kgf} / 336.42 = 0.56 \text{ litros} & = \text{AGUA} \\
 P_C13\%NFU & : 336.42 \text{ kgf} / 336.42 = 1.00 \text{ kgf} & = \text{CEMENTO} \\
 P_{AG}13\%NFU - C & : 668.47 \text{ kgf} / 336.42 = 1.99 \text{ kgf} & = \text{AGREGADO GRUESO} \\
 P_{AF}13\%NFU - C & : 762.36 \text{ kgf} / 336.42 = 2.27 \text{ kgf} & = \text{AGREGADO FINO} \\
 P_{13\%NFU}C & : 151.79 \text{ kgf} / 336.42 = 0.45 \text{ kgf} & = \text{NFU}
 \end{aligned}$$

8°. PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO FRESCO CON EL 13%NFU:

Donde:

$$\begin{aligned}
 PE_{CF13\%NFU} & : \text{Peso Específico del Concreto Fresco con el 13\%NFU [kgf/m}^3\text{]} \\
 P_a13\%NFU & : \text{Peso del aire atrapado con el 13\%NFU [kgf]} \\
 P_{H_2O}13\%NFU - C & : \text{Peso del agua con el 13\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_C13\%NFU & : \text{Peso del cemento con el 13\%NFU [kgf]} \\
 P_{AG}13\%NFU - C & : \text{Peso del Agregado Grueso con el 13\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_{AF}13\%NFU - C & : \text{Peso del Agregado Fino con el 13\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_{13\%NFU}C & : \text{Peso del 13\%NFU corregido [kgf]}
 \end{aligned}$$

Peso Específico del Concreto Fresco con el 13%NFU:

$$\begin{aligned}
 P_a13\%NFU & : 21.80 \text{ kgf} \\
 P_{H_2O}13\%NFU - C & : 188.46 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

$$P_C 13\%NFU : 336.42 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} 13\%NFU - C : 668.47 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} 13\%NFU - C : 762.36 \text{ kgf}$$

$$P_{13\%NFU} C : 151.79 \text{ kgf}$$

$$P_{E_{CF13\%NFU}} = \text{SUMATORIA DE PESOS}$$

$$P_{E_{CF13\%NFU}} : 2129.30 \text{ kgf/m}^3$$

2.4.2.2. Diseño de Mezcla de Concreto F'c = 210 kg/ cm2 + 14%NFU

1°. VOLUMEN INICIAL: Son los volúmenes calculados inicialmente para el concreto estándar sin respectivas correcciones.

Donde:

V_a : Volumen del aire atrapado [m3]

V_{H2O} : Volumen del agua [m3]

V_C : Volumen del cemento [m3]

V_{AG} : Volumen del Agregado Grueso [m3]

V_{AF} : Volumen del Agregado Fino [m3]

Volúmenes:

V_a : 0.025 m3

V_{H2O} : 0.216 m3

V_C : 0.1228 m3

V_{AG} : 0.2951 m3

$$V_{AF} : 0.3411 \text{ m}^3$$

2°. VOLUMEN CON EL 14%NFU: Son los volúmenes calculados incluyendo el 14%NFU para el diseño de mezcla.

Donde:

V_a 14%NFU : Volumen del aire atrapado con el 14%NFU [m3]

V_{H2O} 14%NFU : Volumen del agua con el 14%NFU [m3]

V_c 14%NFU : Volumen del cemento con el 14%NFU [m3]

V_{AG} 14%NFU : Volumen del Agregado Grueso con el 14%NFU [m3]

V_{AF} 14%NFU : Volumen del Agregado Fino con el 14%NFU [m3]

Volúmenes:

$$V_a14\%NFU = V_a \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.025 \cdot \frac{(100 - 14)}{100} = 0.0215 \text{ m}^3$$

$$V_{H2O}14\%NFU = V_{H2O} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.216 \cdot \frac{(100 - 14)}{100} = 0.1858 \text{ m}^3$$

$$V_c14\%NFU = V_c \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.1228 \cdot \frac{(100 - 14)}{100} = 0.1056 \text{ m}^3$$

$$V_{AG}14\%NFU = V_{AG} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.2951 \cdot \frac{(100 - 14)}{100} = 0.2538 \text{ m}^3$$

$$V_{AF}14\%NFU = V_{AF} \cdot \frac{(100 - \%NFU)}{100} = 0.3411 \cdot \frac{(100 - 14)}{100} = 0.2933 \text{ m}^3$$

V_a 14%NFU : 0.0215 m3

V_{H2O} 14%NFU : 0.1858 m3

V_c 14%NFU : 0.1056 m3

V_{AG} 14%NFU : 0.2538 m3

$$V_{AF14\%NFU} : 0.2933 \text{ m}^3$$

3°. VOLUMEN DEL 14%NFU: El volumen del Neumático Fuera de Uso es el 14% de un metro cubico de volumen.

Donde:

$$V_{14\%NFU} : \text{Volumen del 14\%NFU [m}^3\text{]}$$

Volumen del 14%NFU:

$$V_{14\%NFU} = 1\text{m}^3 \cdot \frac{14}{100} = 0.1400 \text{ m}^3$$

$$V_{14\%NFU} : 0.1400 \text{ m}^3$$

4°. PESOS CON EL 14%NFU: Son los pesos calculados mediante los volúmenes y peso específicos.

Donde:

$$P_a14\%NFU : \text{Peso del aire atrapado con el 14\%NFU [kgf]}$$

$$P_{H2O}14\%NFU : \text{Peso del agua con el 14\%NFU [kgf]}$$

$$P_c14\%NFU : \text{Peso del cemento con el 14\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AG}14\%NFU : \text{Peso del Agregado Grueso con el 14\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AF}14\%NFU : \text{Peso del Agregado Fino con el 14\%NFU [kgf]}$$

$$P_{14\%NFU} : \text{Peso del 14\%NFU [kgf]}$$

Pesos:

$$P_{a14\%NFU} = V_{a14\%NFU} \cdot PE_a = 0.0215 \text{ m}^3 \cdot 1000.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 21.50 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O14\%NFU} = V_{H_2O14\%NFU} \cdot PE_{H_2O} = 0.1858 \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 185.80 \text{ kgf}$$

$$P_C14\%NFU = V_C14\%NFU \cdot PE_C = 0.1056 \text{ m}^3 \cdot 3150.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 332.64 \text{ kgf}$$

$$P_{AG14\%NFU} = V_{AG14\%NFU} \cdot PE_{AG} = 0.2538 \text{ m}^3 \cdot 2568.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 651.76 \text{ kgf}$$

$$P_{AF14\%NFU} = V_{AF14\%NFU} \cdot PE_{AF} = 0.2933 \text{ m}^3 \cdot 2534.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 743.22 \text{ kgf}$$

$$P_{14\%NFU} = V_{14\%NFU} \cdot PE_{NFU} = 0.1400 \text{ m}^3 \cdot 1159.00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 162.26 \text{ kgf}$$

$$P_{a14\%NFU} : 21.50 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O14\%NFU} : 185.80 \text{ kgf}$$

$$P_C14\%NFU : 332.64 \text{ kgf}$$

$$P_{AG14\%NFU} : 651.76 \text{ kgf}$$

$$P_{AF14\%NFU} : 743.22 \text{ kgf}$$

$$P_{14\%NFU} : 162.26 \text{ kgf}$$

5°. AJUSTE POR HUMEDAD CON EL 14%NFU:

5°A.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGUA

Donde:

$$P_{H_2O14\%NFU} - C : \text{Peso del agua con el 14\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{H_2O14\%NFU} : \text{Peso del agua con el 14\%NFU [kgf]}$$

$P_{AG\ 14\%NFU}$: Peso del Agregado Grueso con el 14%NFU [kgf]
$A_G(\%)$: Absorción del Agregado Grueso [%]
P_G	: Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]
$P_{AF\ 14\%NFU}$: Peso del Agregado Fino con el 14%NFU [kgf]
$A_F(\%)$: Absorción del Agregado Fino [%]
P_F	: Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]
$P_{14\%NFU}$: Peso del 14%NFU [kgf]
$A_{NFU}(\%)$: Absorción del NFU [%]
P_{NFU}	: Contenido de Humedad del NFU [%]

Peso del agua con el 14%NFU corregido:

$P_{H_2O\ 14\%NFU}$: 185.80 kgf
$P_{AG\ 14\%NFU}$: 651.76 kgf
$A_G(\%)$: 0.725%
P_G	: 1.405%
$P_{AF\ 14\%NFU}$: 743.22 kgf
$A_F(\%)$: 1.779%
P_F	: 1.366%
$P_{14\%NFU}$: 162.26 kgf
$A_{NFU}(\%)$: 2.021%
P_{NFU}	: 0.742%

$$P_{H_2O}14\%NFU - C$$

$$= P_{H_2O}14\%NFU + P_{AG}14\%NFU \frac{A_G(\%) - P_G}{100} \\ + P_{AF}14\%NFU \frac{A_F(\%) - P_F}{100} + P_{14\%NFU} \frac{A_{NFU}(\%) - P_{NFU}}{100}$$

$$P_{H_2O}14\%NFU - C$$

$$= 185.80 + 651.76 \frac{0.725 - 1.405}{100} + 743.22 \frac{1.779 - 1.366}{100} \\ + 162.26 \frac{2.021 - 0.742}{100}$$

$$P_{H_2O}14\%NFU - C = 185.80 + - 4.43 + 3.07 + 2.08 = 186.52 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O}14\%NFU - C : 186.52 \text{ kgf}$$

5°B.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Donde:

$P_{AG}14\%NFU - C$: Peso del Agregado Grueso con el 14%NFU corregido [kgf]

$P_{AG}14\%NFU$: Peso del Agregado Grueso con el 14%NFU [kgf]

P_G : Contenido de Humedad del Agregado Grueso [%]

Peso del Agregado Grueso con el 14%NFU corregido:

$P_{AG}14\%NFU$: 651.76 kgf

P_G : 1.405%

$$P_{AG}14\%NFU - C = P_{AG}14\%NFU \cdot \left(1 + \frac{P_G}{100}\right) = 651.76 \cdot \left(1 + \frac{1.405}{100}\right)$$

$$P_{AG}14\%NFU - C = 660.92 \text{ kgf}$$

$$P_{AG}14\%NFU - C : 660.92 \text{ kgf}$$

5°C.CORRECCIÓN DEL PESO DEL AGREGADO FINO

Donde:

$P_{AF14\%NFU - C}$: Peso del Agregado Fino con el 14%NFU corregido [kgf]

$P_{AF14\%NFU}$: Peso del Agregado Fino con el 14%NFU [kgf]

P_F : Contenido de Humedad del Agregado Fino [%]

Peso del Agregado Fino con el 14%NFU corregido:

$P_{AF14\%NFU}$: 743.22 kgf

P_F : 1.366%

$$P_{AF14\%NFU - C} = P_{AF14\%NFU} \cdot \left(1 + \frac{P_F}{100}\right) = 743.22 \cdot \left(1 + \frac{1.366}{100}\right)$$

$P_{AF14\%NFU - C} = 753.37 \text{ kgf}$

$P_{AF14\%NFU - C}$: 753.37 kgf

5°D.CORRECCIÓN DEL PESO DEL NFU

Donde:

$P_{14\%NFU C}$: Peso del 14%NFU corregido [kgf]

$P_{14\%NFU}$: Peso del 14%NFU [kgf]

P_{NFU} : Contenido de Humedad del NFU [%]

Peso del 14%NFU corregido:

$P_{14\%NFU}$: 162.26 kgf

P_{NFU} : 0.742%

$$P_{14\%NFU}C = P_{14\%NFU} \cdot \left(1 + \frac{P_{NFU}}{100}\right) = 162.26 \cdot \left(1 + \frac{0.742}{100}\right) = 163.46 \text{ kgf}$$

$$P_{14\%NFU}C : 163.46 \text{ kgf}$$

6°. CANTIDAD CORREGIDO CON EL 14%NFU: Son todas las cantidades reajustados.

Donde:

$$P_a 14\%NFU : \text{Peso del aire atrapado con el 14\%NFU [kgf]}$$

$$P_{H_2O} 14\%NFU - C : \text{Peso del agua con el 14\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_C 14\%NFU : \text{Peso del cemento con el 14\%NFU [kgf]}$$

$$P_{AG} 14\%NFU - C : \text{Peso del Agregado Grueso con el 14\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{AF} 14\%NFU - C : \text{Peso del Agregado Fino con el 14\%NFU corregido [kgf]}$$

$$P_{14\%NFU}C : \text{Peso del 14\%NFU corregido [kgf]}$$

Pesos corregidos:

$$P_a 14\%NFU : 21.50 \text{ kgf}$$

$$P_{H_2O} 14\%NFU - C : 186.52 \text{ kgf}$$

$$P_C 14\%NFU : 332.64 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} 14\%NFU - C : 660.92 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} 14\%NFU - C : 753.37 \text{ kgf}$$

$$P_{14\%NFU}C : 163.46 \text{ kgf}$$

7°. DOSIFICACIÓN CON EL 14%NFU: La dosificación se elaboró en pesos, para cada kilogramo de cemento; se obtiene de dividir a todos los insumos sobre la cantidad de cemento.

$$\begin{aligned}
 P_{H_2O}14\%NFU - C & : 186.52 \text{ kgf} / 332.64 = 0.56 \text{ litros} & = \text{AGUA} \\
 P_C14\%NFU & : 332.64 \text{ kgf} / 332.64 = 1.00 \text{ kgf} & = \text{CEMENTO} \\
 P_{AG}14\%NFU - C & : 660.92 \text{ kgf} / 332.64 = 1.99 \text{ kgf} & = \text{AGREGADO GRUESO} \\
 P_{AF}14\%NFU - C & : 753.37 \text{ kgf} / 332.64 = 2.26 \text{ kgf} & = \text{AGREGADO FINO} \\
 P_{14\%NFU}C & : 163.46 \text{ kgf} / 332.64 = 0.49 \text{ kgf} & = \text{NFU}
 \end{aligned}$$

8°. PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO FRESCO CON EL 14%NFU:

Donde:

$$\begin{aligned}
 P_{ECF14\%NFU} & : \text{Peso Específico del Concreto Fresco con el 14\%NFU [kgf/m}^3\text{]} \\
 P_a14\%NFU & : \text{Peso del aire atrapado con el 14\%NFU [kgf]} \\
 P_{H_2O}14\%NFU - C & : \text{Peso del agua con el 14\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_C14\%NFU & : \text{Peso del cemento con el 14\%NFU [kgf]} \\
 P_{AG}14\%NFU - C & : \text{Peso del Agregado Grueso con el 14\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_{AF}14\%NFU - C & : \text{Peso del Agregado Fino con el 14\%NFU corregido [kgf]} \\
 P_{14\%NFU}C & : \text{Peso del 14\%NFU corregido [kgf]}
 \end{aligned}$$

Peso Específico del Concreto Fresco con el 14%NFU:

$$\begin{aligned}
 P_a14\%NFU & : 21.50 \text{ kgf} \\
 P_{H_2O}14\%NFU - C & : 186.52 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

$$P_C 14\%NFU : 332.64 \text{ kgf}$$

$$P_{AG} 14\%NFU - C : 660.92 \text{ kgf}$$

$$P_{AF} 14\%NFU - C : 753.37 \text{ kgf}$$

$$P_{14\%NFU} C : 163.46 \text{ kgf}$$

$$P_{E_{CF14\%NFU}} = \text{SUMATORIA DE PESOS}$$

$$P_{E_{CF14\%NFU}} : 2118.41 \text{ kgf/m}^3$$

2.4.3. Preparación del Concreto

El preparado de concreto se ejecutó midiendo el asentamiento del concreto acorde lo establecido por la NTP 339.035:2015 y ASTM C 143.

2.4.4. Elaboración de Probetas

El muestreo del concreto para la elaboración de probetas se realizó acorde a las NTP 339.036 y ASTM C-172. La elaboración de probetas cilíndricas, y en forma de viga se realizó acorde el procedimiento que establece la NTP 339.033:2015 y ASTM C 31/C31M:2012 para muestreo de concreto fresco, y los moldes acorde a la NTP 339.209.

Para los ensayos de resistencia a la compresión axial se elaboraron probetas cilíndricas para las edades de 7 días, 14 días y 28 días; para cada edad de ensayo se elaboraron 3 réplicas según cada porcentaje de partículas de neumáticos, sumando en total 36 probetas cilíndricas, adicional a ello se elaboraron 9 probetas cilíndricas del concreto estándar. En recomendación de la ASTM C 39, las probetas serán cilíndricas de 15CM x 30CM.

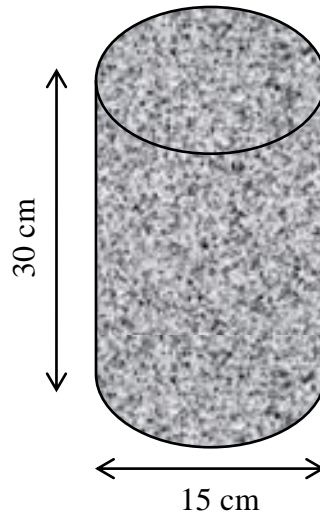


Figura 6. Probeta cilíndrica (Fuente: Elaboración Propia)

Para los ensayos de resistencia a la flexión se elaboraron probetas prismáticas para la edad de 28 días; para la edad de ensayo se elaboraron 3 réplicas según cada porcentaje de partículas de neumáticos, sumando en total 12 probetas prismáticas, adicional a ello se elaboraron 3 probetas prismáticas del concreto estándar. En recomendación a la NTP, las probetas serán prismáticas de 15CM x 15CM x 50CM.

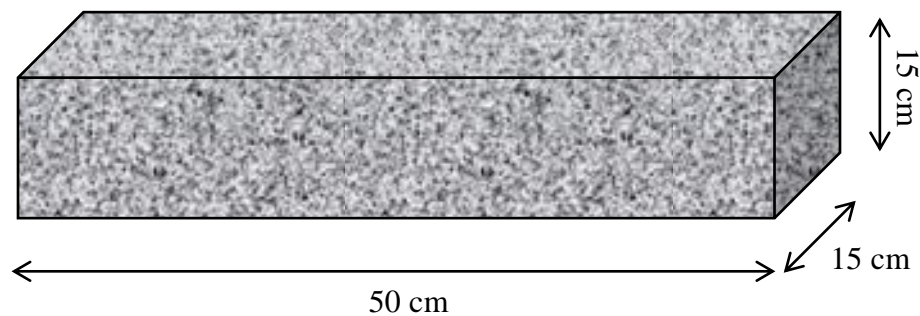


Figura 7. Probeta prismática (Fuente: Elaboración Propia)

Para los ensayos de resistencia a la tracción indirecta se elaboraron probetas cilíndricas para la edad de 28 días; para cada edad de ensayo se elaboraron 3 réplicas según cada porcentaje

de partículas de neumáticos, sumando en total 12 probetas cilíndricas, adicional a ello se elaboraron 3 probetas cilíndricas del concreto estándar. En recomendación de la ASTM C 39, las probetas serán cilíndricas de 15CM x 30CM.

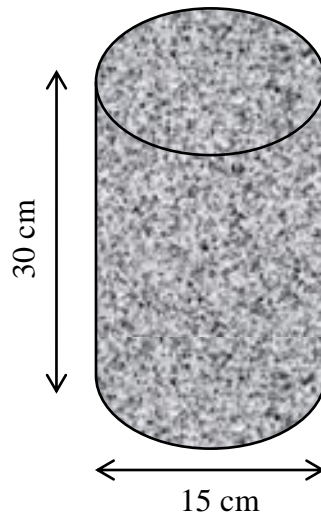


Figura 8. Probeta cilíndrica (Fuente: Elaboración Propia)

2.4.5. Codificación de Probetas

La codificación de probetas consta de 4 componentes que permite identificar con precisión cada uno de los especímenes.

- Código de probeta (ejemplo CGC13%).
- Numero de probeta (ejemplo 07A).
- Letras (A=Axial, F=Flexión y T=Tracción Indirecta)
- Fecha de nacimiento de probeta (ejemplo 14/02/2022).

CGC13% - 07A

14/02/2022

Figura 9. Codificación de probetas (Fuente: Elaboración Propia)

2.4.6. Curado de Probetas

El curado de probetas cilíndricas y en forma de viga, se realizará acorde el procedimiento que establece la NTP 339.033:2015 y ASTM C 31/C31M:2012 para muestreo de concreto fresco.

2.4.7. Ensayos de Probetas

En la investigación se desarrolló tres tipos de ensayos, ensayo de resistencia a la compresión, a la flexión y tracción indirecta.

Ensayo de resistencia a la compresión: NTP 339.034: 2015 y ASTM C 39.

Ensayo de resistencia a la flexión: NTP 339.078:2012 (revisada el 2017) y ASTM C 293 / C 293M-10.

Ensayo de resistencia a la tracción indirecta: ASTM C 293 / C 293M-10.

2.4.8. Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos en los ensayos se analizaron para rechazar o corroborar la hipótesis planteada, para ello se empleará los métodos especificados en el ítem 2.3.3.

2.4.9. Costo unitario de materiales

Mediante el software s10 se determina el costo unitario de los materiales que inciden para cada porcentaje (%) de partículas de neumático fuera de uso.

2.4.10. Elaboración de Informe

Concluido el procedimiento de investigación, se redactó el Informe Final según la Guía de Investigación Científica (UPN), Líneas de Investigación (UPN) y Normas APA 2019 (American Psychological Association).

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión

3.1.1. Concreto F'c = 210 kg/cm2

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL: CONCRETO F'C = 210KG/CM2

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	AREA CM2	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	210	4	7	CGC0% - 01A	22/02/2022	01/03/2022	15.00	176.71	31454.00	178.00	174.62
				7	CGC0% - 02A	22/02/2022	01/03/2022	14.90	174.37	30955.00	177.52	
				7	CGC0% - 03A	22/02/2022	01/03/2022	15.10	179.08	30145.00	168.33	
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2	210	4	14	CGC0% - 04A	15/02/2022	01/03/2022	14.80	172.03	46324.00	269.28	259.44
				14	CGC0% - 05A	15/02/2022	01/03/2022	15.00	176.71	45321.00	256.47	
				14	CGC0% - 06A	15/02/2022	01/03/2022	15.00	176.71	44632.00	252.57	
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2	210	4	28	CGC0% - 07A	07/02/2022	07/03/2022	15.00	176.71	51994.00	294.23	292.98
				28	CGC0% - 08A	07/02/2022	07/03/2022	14.90	174.37	50954.00	292.22	
				28	CGC0% - 09A	07/02/2022	07/03/2022	14.90	174.37	51004.00	292.50	

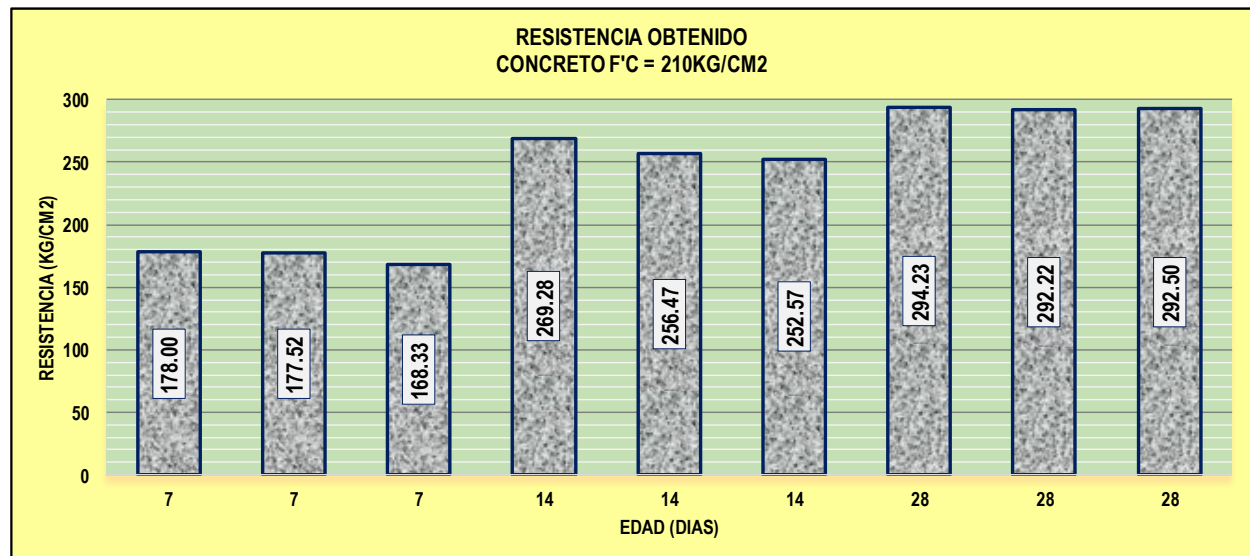


Figura 10. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto f'c = 210kg/cm2

(Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-01A a la edad de 7 días (22/02/2022-01/03/2022) es de 178.00 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-02A a la edad de 7 días (22/02/2022-01/03/2022) es de 177.52 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-03A a la edad de 7 días (22/02/2022-01/03/2022) es de 168.33 kg/cm²

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-04A a la edad de 14 días (15/02/2022-01/03/2022) es de 269.28 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-05A a la edad de 14 días (15/02/2022-01/03/2022) es de 256.47 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-06A a la edad de 14 días (15/02/2022-01/03/2022) es de 252.57 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-07A a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 294.23 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-08A a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 292.22 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC0%-09A a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 292.50 kg/cm².

3.1.2. Concreto F'c = 210 kg/cm2 + 11%NFU

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL: CONCRETO F'C = 210KG/CM2+11%NFU

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	AREA CM2	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	210	4	7	CGC11% - 01A	23/02/2022	02/03/2022	14.90	174.37	25921.00	148.66	146.76
					CGC11% - 02A	23/02/2022	02/03/2022	14.80	172.03	25933.00	150.75	
					CGC11% - 03A	23/02/2022	02/03/2022	15.30	183.85	25900.00	140.88	
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	210	4	14	CGC11% - 04A	16/02/2022	02/03/2022	14.80	172.03	37588.00	218.50	211.35
					CGC11% - 05A	16/02/2022	02/03/2022	15.00	176.71	36912.00	208.88	
					CGC11% - 06A	16/02/2022	02/03/2022	15.10	179.08	37012.00	206.68	
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	210	4	28	CGC11% - 07A	08/02/2022	08/03/2022	14.90	174.37	42112.00	241.51	242.43
					CGC11% - 08A	08/02/2022	08/03/2022	15.00	176.71	43000.00	243.34	
					CGC11% - 08A	08/02/2022	08/03/2022	15.00	176.71	42844.00	242.45	

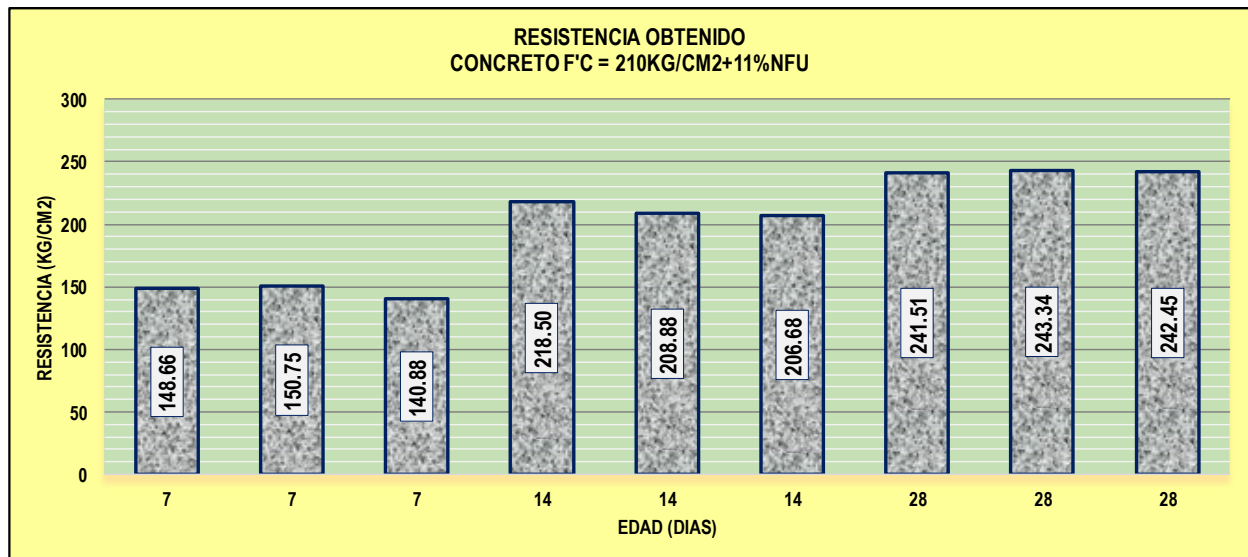


Figura 11. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto f'c = 210kg/cm2 + 11%NFU (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-01A a la edad de 7 días (23/02/2022-02/03/2022) es de $148.66 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-02A a la edad de 7 días (23/02/2022-02/03/2022) es de $150.75 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-03A a la edad de 7 días (23/02/2022-02/03/2022) es de $140.88 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-04A a la edad de 14 días (16/02/2022-02/03/2022) es de $218.50 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-05A a la edad de 14 días (16/02/2022-02/03/2022) es de $208.88 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-06A a la edad de 14 días (16/02/2022-02/03/2022) es de $206.68 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-07A a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de $241.51 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-08A a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de $243.34 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC11%-09A a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de $242.45 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

3.1.3. Concreto F'c = 210 kg/cm² + 12%NFU

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL: CONCRETO F'C = 210KG/CM2+12%NFU

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	AREA CM2	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	210	4	7	CGC12% - 01A	24/02/2022	03/03/2022	15.10	179.08	25647.00	143.22	144.09
				7	CGC12% - 02A	24/02/2022	03/03/2022	15.30	183.85	25616.00	139.33	
				7	CGC12% - 03A	24/02/2022	03/03/2022	14.70	169.72	25413.00	149.73	
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	210	4	14	CGC12% - 04A	17/02/2022	03/03/2022	14.90	174.37	35001.00	200.73	199.76
				14	CGC12% - 05A	17/02/2022	03/03/2022	15.10	179.08	35725.00	199.49	
				14	CGC12% - 06A	17/02/2022	03/03/2022	14.80	172.03	34246.00	199.07	
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	210	4	28	CGC12% - 07A	09/02/2022	09/03/2022	15.10	179.08	39993.00	223.32	223.72
				28	CGC12% - 08A	09/02/2022	09/03/2022	15.00	176.71	39457.00	223.29	
				28	CGC12% - 09A	09/02/2022	09/03/2022	14.90	174.37	39155.00	224.55	

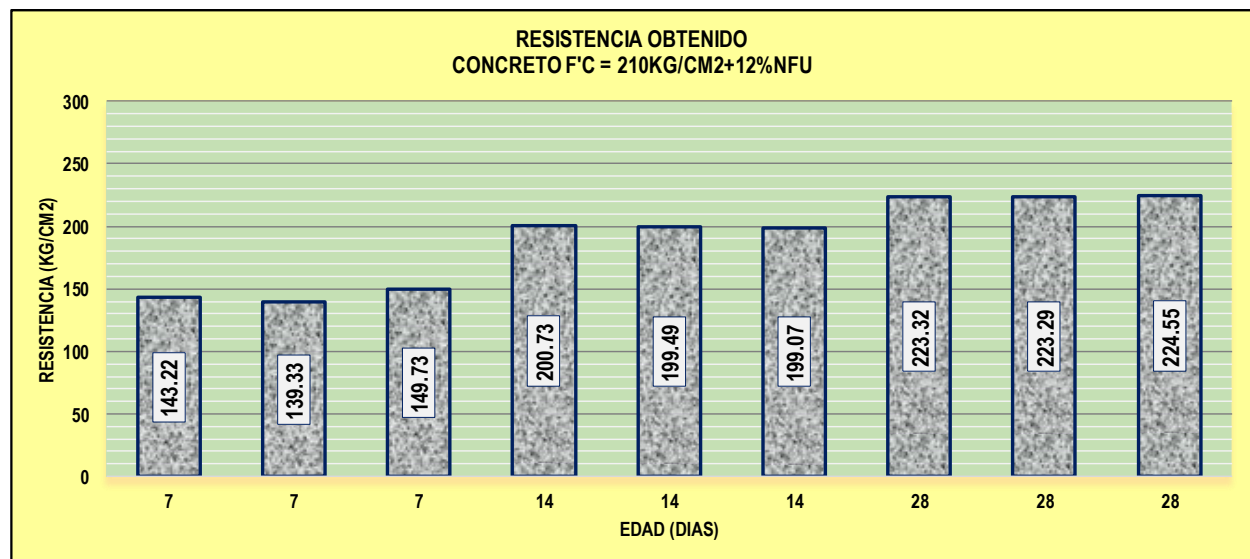


Figura 12. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto f'c = 210kg/cm² + 12%NFU (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-01A a la edad de 7 días (24/02/2022-03/03/2022) es de $143.22\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-02A a la edad de 7 días (24/02/2022-03/03/2022) es de $139.33\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-03A a la edad de 7 días (24/02/2022-03/03/2022) es de $149.73\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-04A a la edad de 14 días (17/02/2022-03/03/2022) es de $200.73\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-05A a la edad de 14 días (17/02/2022-03/03/2022) es de $199.49\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-06A a la edad de 14 días (17/02/2022-03/03/2022) es de $199.07\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-07A a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de $223.32\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-08A a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de $223.29\text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC12%-09A a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de $224.55\text{ kg}/\text{cm}^2$.

3.1.4. Concreto F'c = 210 kg/cm² + 13%NFU

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL: CONCRETO F'C = 210KG/CM2+13%NFU

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	AREA CM ²	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM ²	PROMEDIO KG/CM ²
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	210	4	7	CGC13% - 01A	25/02/2022	04/03/2022	14.90	174.37	23910.00	137.12	137.71
					CGC13% - 02A	25/02/2022	04/03/2022	14.80	172.03	24012.00	139.58	
					CGC13% - 03A	25/02/2022	04/03/2022	15.00	176.71	24111.00	136.44	
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	210	4	14	CGC13% - 04A	18/02/2022	04/03/2022	15.00	176.71	34015.00	192.49	193.29
					CGC13% - 05A	18/02/2022	04/03/2022	14.90	174.37	34111.00	195.62	
					CGC13% - 06A	18/02/2022	04/03/2022	15.10	179.08	34342.00	191.77	
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	210	4	28	CGC13% - 07A	10/02/2022	10/03/2022	15.00	176.71	37091.00	209.90	207.73
					CGC13% - 08A	10/02/2022	10/03/2022	15.20	181.46	37569.00	207.04	
					CGC13% - 09A	10/02/2022	10/03/2022	15.30	183.85	37921.00	206.26	

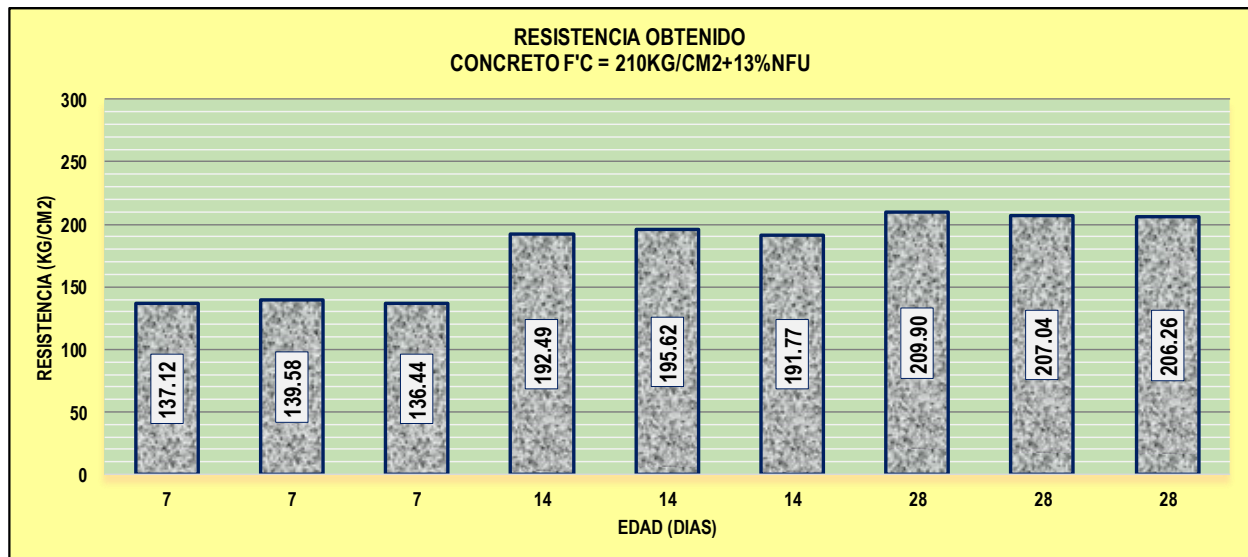


Figura 13. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto f'c = 210kg/cm² + 13%NFU (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-01A a la edad de 7 días (25/02/2022-04/03/2022) es de $137.12 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-02A a la edad de 7 días (25/02/2022-04/03/2022) es de $139.58 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-03A a la edad de 7 días (25/02/2022-04/03/2022) es de $136.44 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-04A a la edad de 14 días (18/02/2022-04/03/2022) es de $192.49 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-05A a la edad de 14 días (18/02/2022-04/03/2022) es de $195.62 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-06A a la edad de 14 días (18/02/2022-04/03/2022) es de $191.77 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-07A a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de $209.90 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-08A a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de $207.04 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC13%-09A a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de $206.26 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

3.1.5. Concreto F'c = 210 kg/cm² + 14%NFU

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL: CONCRETO F'C = 210KG/CM2+14%NFU

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	AREA CM ²	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM ²	PROMEDIO KG/CM ²
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	210	4	7	CGC14% - 01A	26/02/2022	05/03/2022	15.00	176.71	22154.00	125.37	126.71
				7	CGC14% - 02A	26/02/2022	05/03/2022	15.10	179.08	22568.00	126.02	
				7	CGC14% - 03A	26/02/2022	05/03/2022	14.90	174.37	22451.00	128.75	
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	210	4	14	CGC14% - 04A	19/02/2022	05/03/2022	15.00	176.71	33045.00	187.00	186.42
				14	CGC14% - 05A	19/02/2022	05/03/2022	14.80	172.03	33154.00	192.72	
				14	CGC14% - 06A	19/02/2022	05/03/2022	15.30	183.85	33011.00	179.55	
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	210	4	28	CGC14% - 07A	11/02/2022	11/03/2022	14.90	174.37	34001.00	194.99	193.48
				28	CGC14% - 08A	11/02/2022	11/03/2022	15.00	176.71	34014.00	192.48	
				28	CGC14% - 09A	11/02/2022	11/03/2022	15.00	176.71	34102.00	192.98	

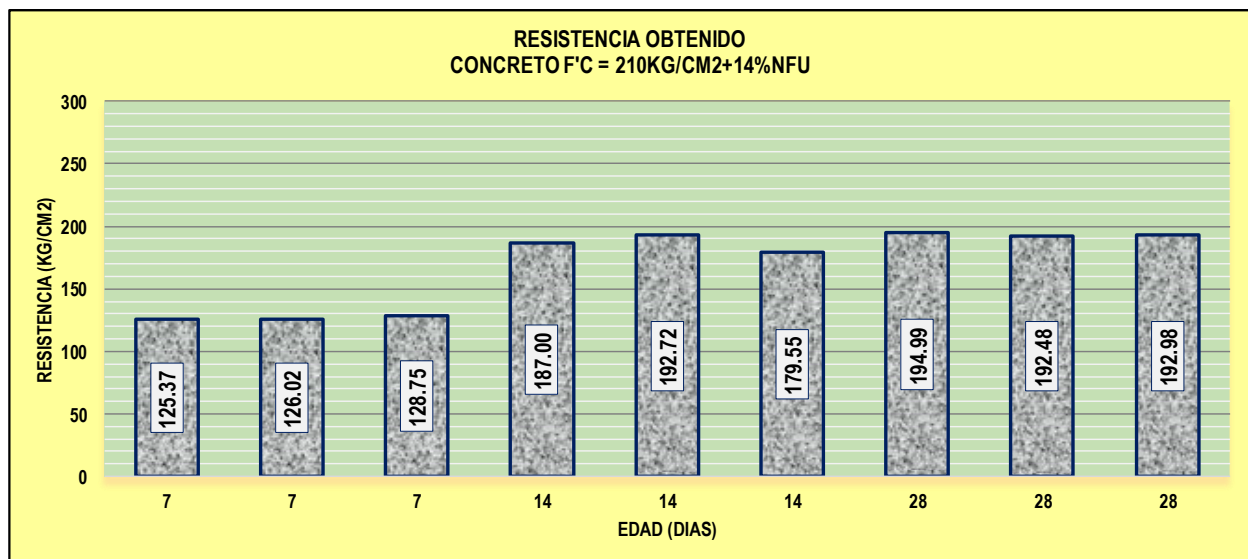


Figura 14. Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial del Concreto f'c = 210kg/cm² + 14%NFU (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-01A a la edad de 7 días (26/02/2022-05/03/2022) es de 125.37 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-02A a la edad de 7 días (26/02/2022-05/03/2022) es de 126.02 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-03A a la edad de 7 días (26/02/2022-05/03/2022) es de 128.75 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-04A a la edad de 14 días (19/02/2022-05/03/2022) es de 187.00 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-05A a la edad de 14 días (19/02/2022-05/03/2022) es de 192.72 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-06A a la edad de 14 días (19/02/2022-05/03/2022) es de 179.55 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-07A a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 194.99 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-08A a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 192.48 kg/cm².

La resistencia a compresión axial obtenido del espécimen CGC14%-09A a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 192.98 kg/cm².

3.2. Ensayo de Resistencia a la Flexión

3.2.1. Concreto F'_c = 210 kg/cm²

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION: CONCRETO F'C = 210KG/CM2

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		BASE CM	ALTURA CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO						
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	210	4	28	CGC0% - 01F	07/02/2022	07/03/2022	15.10	14.95	45.00	2246.00	44.92	44.86
				28	CGC0% - 02F	07/02/2022	07/03/2022	15.05	15.00	45.00	2245.00	44.75	
				28	CGC0% - 03F	07/02/2022	07/03/2022	14.85	15.15	45.00	2268.00	44.92	

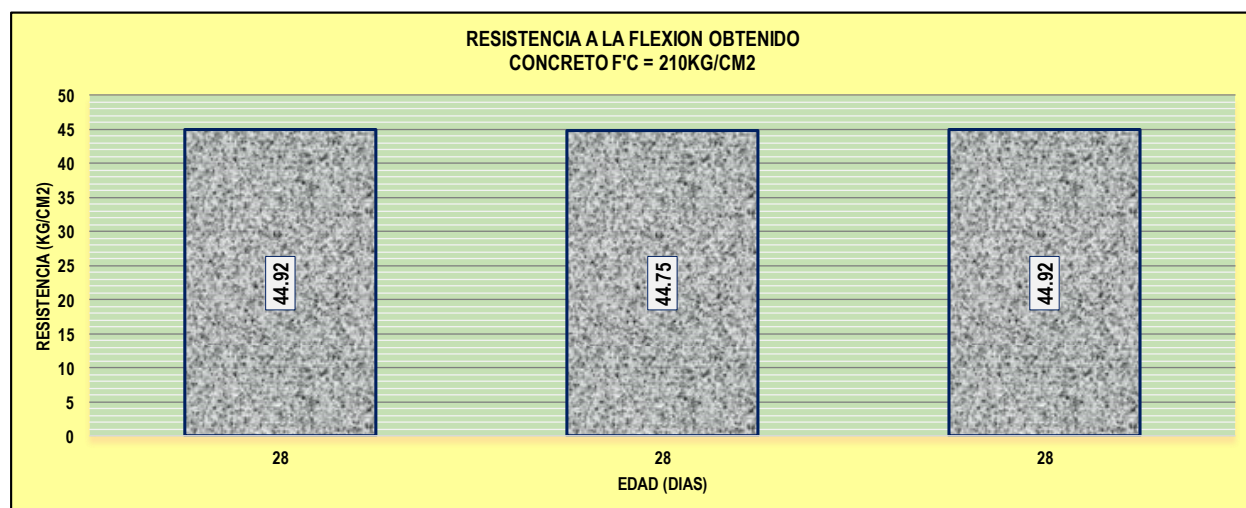


Figura 15. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto f'_c = 210kg/cm² (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC0%-01F a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 44.92 kg/cm².

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC0%-02F a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 44.75 kg/cm².

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC0%-03F a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 44.92 kg/cm².

3.2.2. Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 11\% \text{NFU}$

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION: CONCRETO $f'c = 210\text{KG}/\text{CM}^2+11\% \text{NFU}$

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		BASE CM	ALTURA CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO						
1	CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2+11\% \text{NFU}$	210	4	28	CGC11% - 01F	08/02/2022	08/03/2022	15.00	15.05	45.00	1721.00	34.19	35.39
				28	CGC11% - 02F	08/02/2022	08/03/2022	14.95	15.00	45.00	1764.00	35.40	
				28	CGC11% - 03F	08/02/2022	08/03/2022	15.05	14.85	45.00	1799.00	36.59	

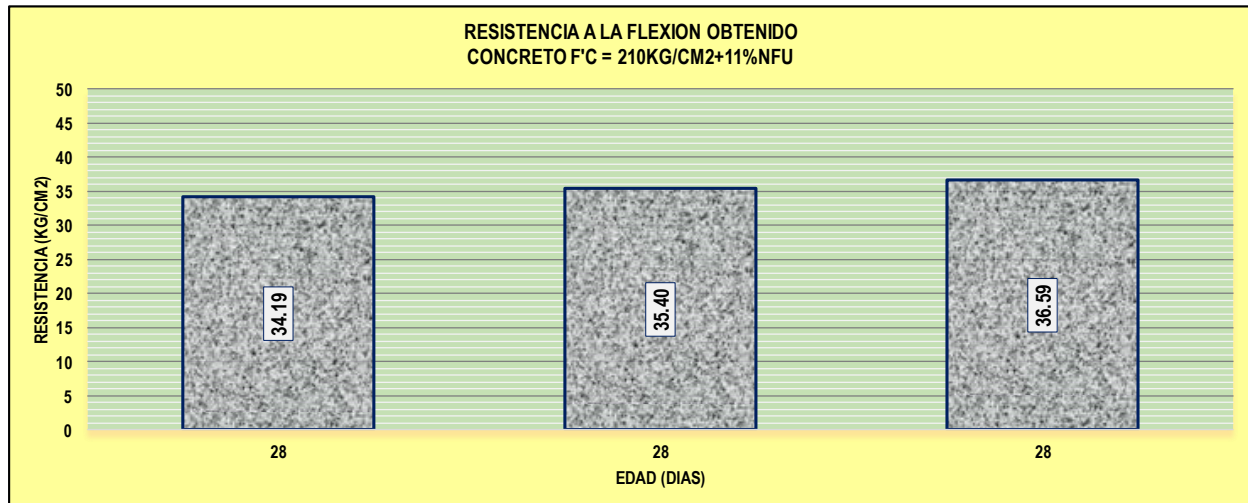


Figura 16. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 11\% \text{NFU}$
(Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC11%-01F a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de 34.19 kg/cm^2 .

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC11%-02F a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de 35.40 kg/cm^2 .

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC11%-03F a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de 36.59 kg/cm^2 .

3.2.3. Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 12\% \text{NFU}$

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION: CONCRETO $f'c = 210\text{KG}/\text{CM}^2+12\% \text{NFU}$

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		BASE CM	ALTURA CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO						
1	CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2+12\% \text{NFU}$	210	4	28	CGC12% - 01F	09/02/2022	09/03/2022	14.95	15.05	45.00	1601.00	31.91	31.78
				28	CGC12% - 02F	09/02/2022	09/03/2022	15.05	15.15	45.00	1610.00	31.46	
				28	CGC12% - 03F	09/02/2022	09/03/2022	15.00	15.00	45.00	1599.00	31.98	

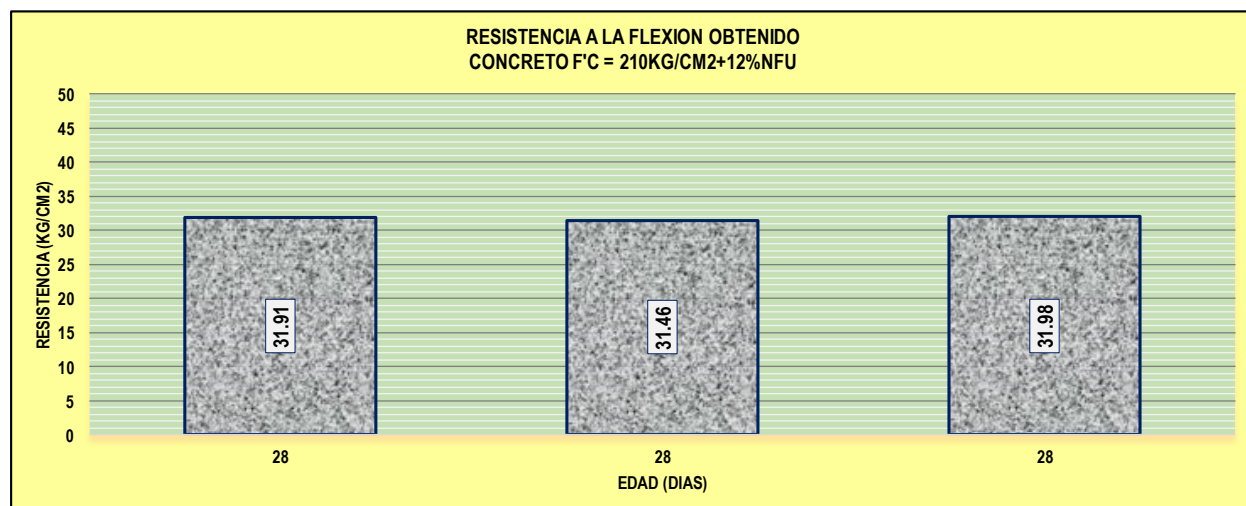


Figura 17. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 12\% \text{NFU}$
(Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC12%-01F a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de 31.91 kg/cm^2 .

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC12%-02F a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de 31.46 kg/cm^2 .

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC12%-03F a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de 31.98 kg/cm^2 .

3.2.4. Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 13\% \text{NFU}$

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION: CONCRETO $f'c = 210\text{KG}/\text{CM}^2+13\% \text{NFU}$

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		BASE CM	ALTURA CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO						
1	CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2+13\% \text{NFU}$	210	4	28	CGC13% - 01F	10/02/2022	10/03/2022	15.10	15.00	45.00	1450.00	28.81	29.19
				28	CGC13% - 02F	10/02/2022	10/03/2022	15.00	15.00	45.00	1499.00	29.98	
				28	CGC13% - 03F	10/02/2022	10/03/2022	15.00	14.80	45.00	1401.00	28.78	

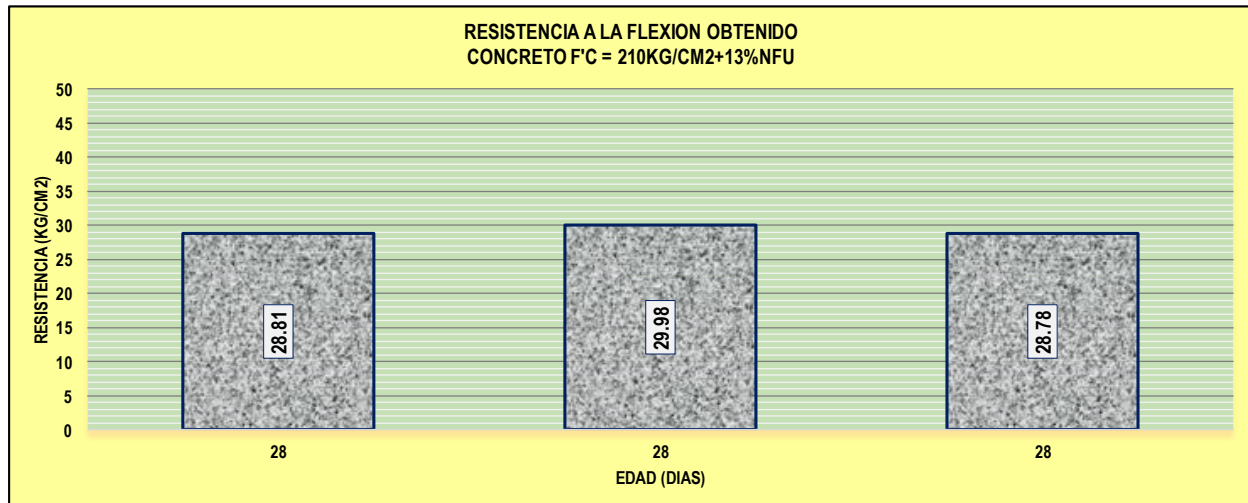


Figura 18. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 13\% \text{NFU}$
(Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC13%-01F a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de 28.81 kg/cm^2 .

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC13%-02F a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de 29.98 kg/cm^2 .

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC13%-03F a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de 28.78 kg/cm^2 .

3.2.5. Concreto $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 14\% \text{NFU}$

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION: CONCRETO $f'c = 210\text{KG}/\text{CM}^2+14\% \text{NFU}$

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		BASE CM	ALTURA CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO						
1	CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2+14\% \text{NFU}$	210	4	28	CGC14% - 01F	11/02/2022	11/03/2022	15.05	15.00	45.00	1342.00	26.75	26.57
				28	CGC14% - 02F	11/02/2022	11/03/2022	14.85	14.95	45.00	1300.00	26.44	
				28	CGC14% - 03F	11/02/2022	11/03/2022	15.00	14.80	45.00	1291.00	26.52	

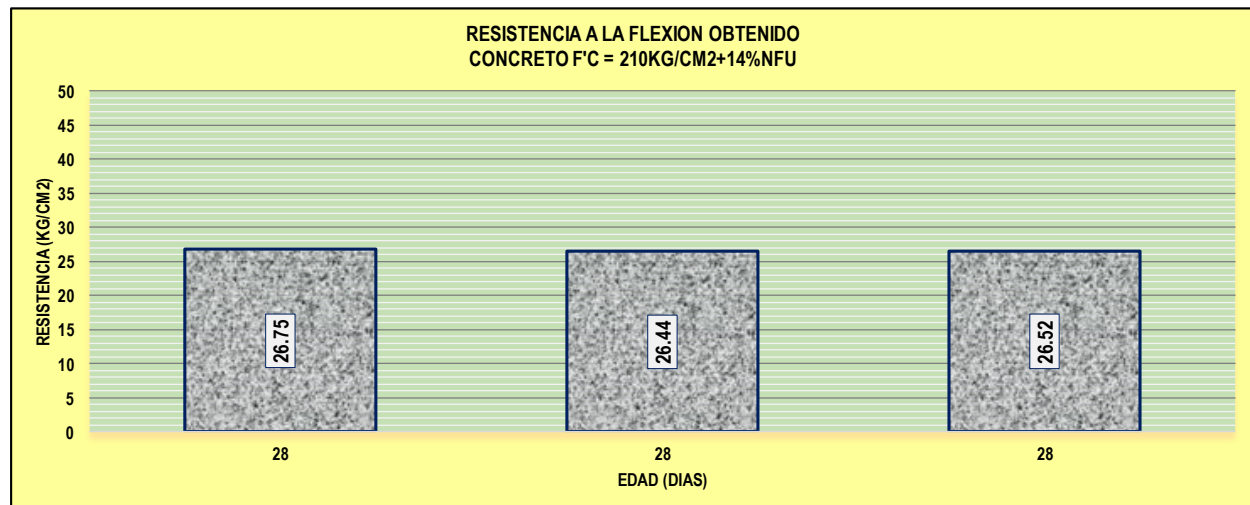


Figura 19. Ensayo de la Resistencia a la Flexión del Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 14\% \text{NFU}$
(Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC14%-01F a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 26.75 kg/cm^2 .

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC14%-02F a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 26.44 kg/cm^2 .

La resistencia a flexión obtenido del espécimen CGC14%-03F a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 26.52 kg/cm^2 .

3.3. Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta

3.3.1. Concreto F'c = 210 kg/cm²

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA: CONCRETO F'C = 210KG/CM2

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DÍAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	210	4	28	CGC0% - 01T	07/02/2022	07/03/2022	15.05	30.05	26154.00	36.82	37.17
				28	CGC0% - 02T	07/02/2022	07/03/2022	14.85	29.85	26346.00	37.84	
				28	CGC0% - 03T	07/02/2022	07/03/2022	14.95	30.05	26001.00	36.85	

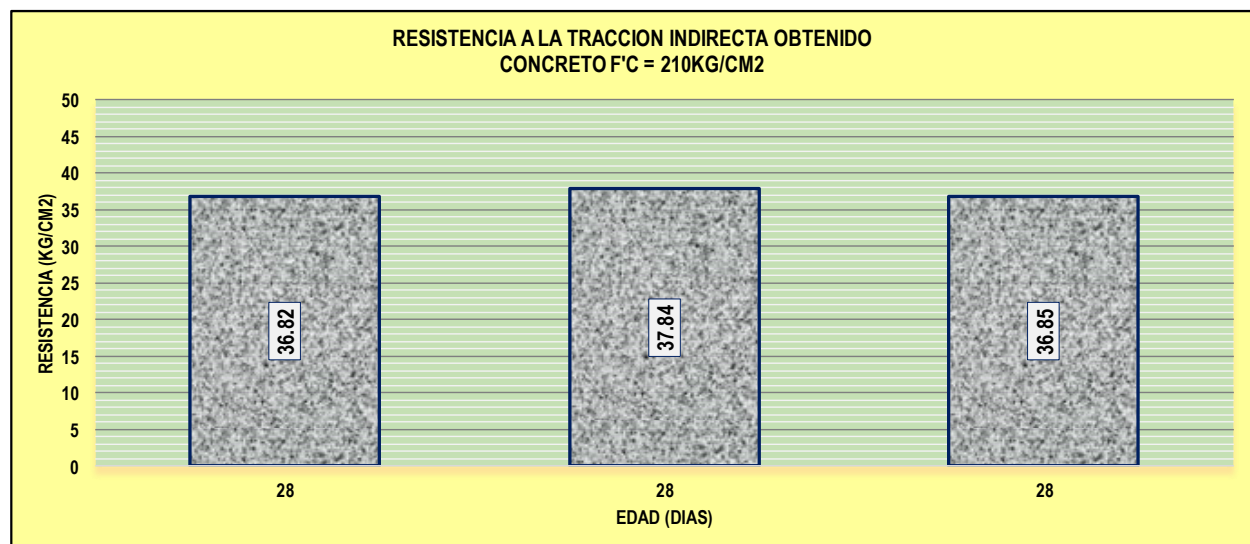


Figura 20. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto f'c = 210kg/cm²
(Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC0%-01T a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 36.82 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC0%-02T a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 37.84 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC0%-03T a la edad de 28 días (07/02/2022-07/03/2022) es de 36.85 kg/cm².

3.3.2. Concreto F^c = 210 kg/cm² + 11%NFU

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA: CONCRETO F^c = 210KG/CM²+11%NFU

ITEM	PROBETA	F ^c DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM ²	PROMEDIO KG/CM ²
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F ^c =210KG/CM ² +11%NFU	210	4	28	CGC11% - 01T	08/02/2022	08/03/2022	14.85	30.00	16954.00	24.23	24.08
				28	CGC11% - 02T	08/02/2022	08/03/2022	14.90	30.10	16854.00	23.92	
				28	CGC11% - 03T	08/02/2022	08/03/2022	15.05	29.85	16999.00	24.09	

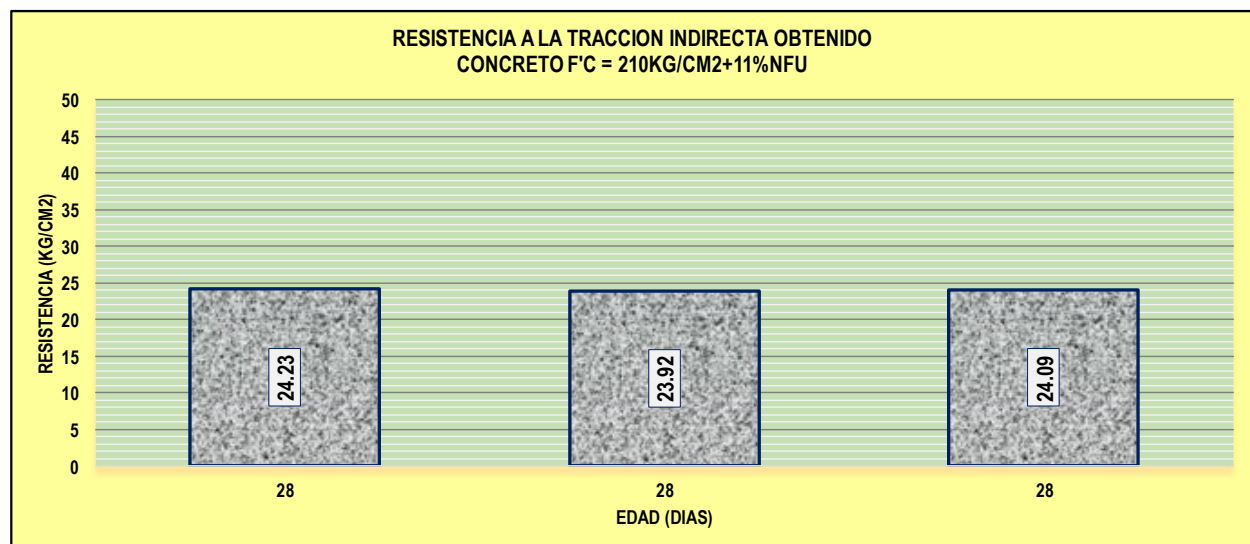


Figura 21. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto f^c = 210kg/cm² + 11%NFU (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC11%-01T a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de 24.23 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC11%-02T a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de 23.92 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC11%-03T a la edad de 28 días (08/02/2022-08/03/2022) es de 24.09 kg/cm².

3.3.3. Concreto F'_c = 210 kg/cm² + 12%NFU

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA: CONCRETO F'C = 210KG/CM2+12%NFU

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DÍAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	210	4	28	CGC12% - 01T	09/02/2022	09/03/2022	15.00	30.05	14145.00	19.98	20.13
				28	CGC12% - 02T	09/02/2022	09/03/2022	15.05	30.00	14266.00	20.12	
				28	CGC12% - 03T	09/02/2022	09/03/2022	15.10	29.85	14360.00	20.28	

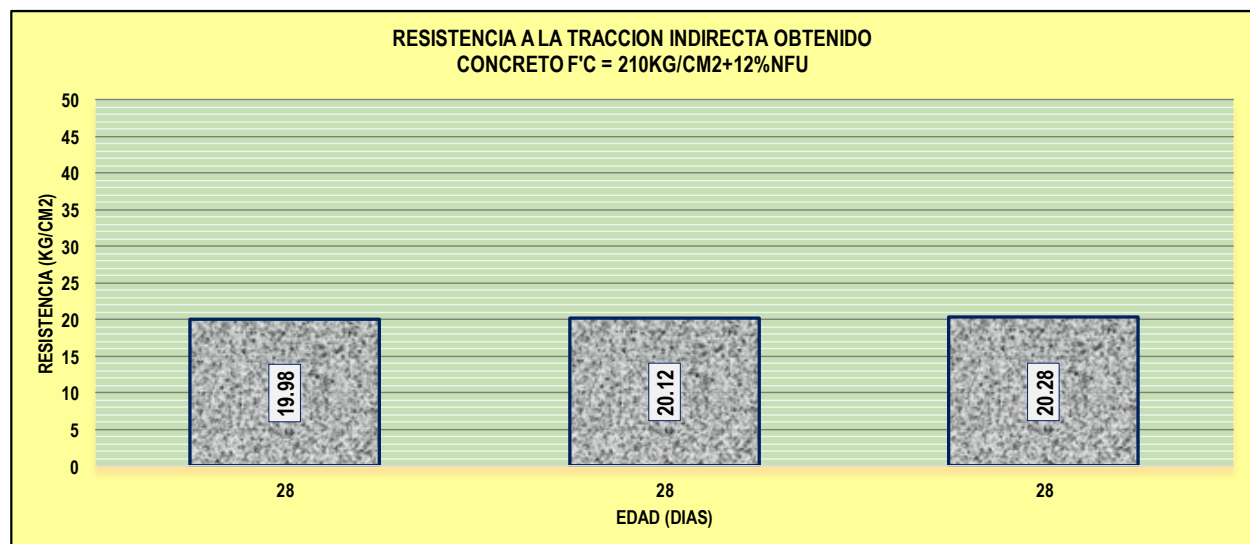


Figura 22. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto f'_c = 210kg/cm² + 12%NFU (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC12%-01T a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de 19.98 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC12%-02T a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de 20.12 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC12%-03T a la edad de 28 días (09/02/2022-09/03/2022) es de 20.28 kg/cm².

3.3.4. Concreto F'_c = 210 kg/cm² + 13%NFU

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA: CONCRETO F'C = 210KG/CM2+13%NFU

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DÍAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	210	4	28	CGC13% - 01T	10/02/2022	10/03/2022	15.10	29.95	12012.00	16.91	17.11
				28	CGC13% - 02T	10/02/2022	10/03/2022	14.85	31.05	11999.00	16.57	
				28	CGC13% - 03T	10/02/2022	10/03/2022	14.95	30.00	12566.00	17.84	

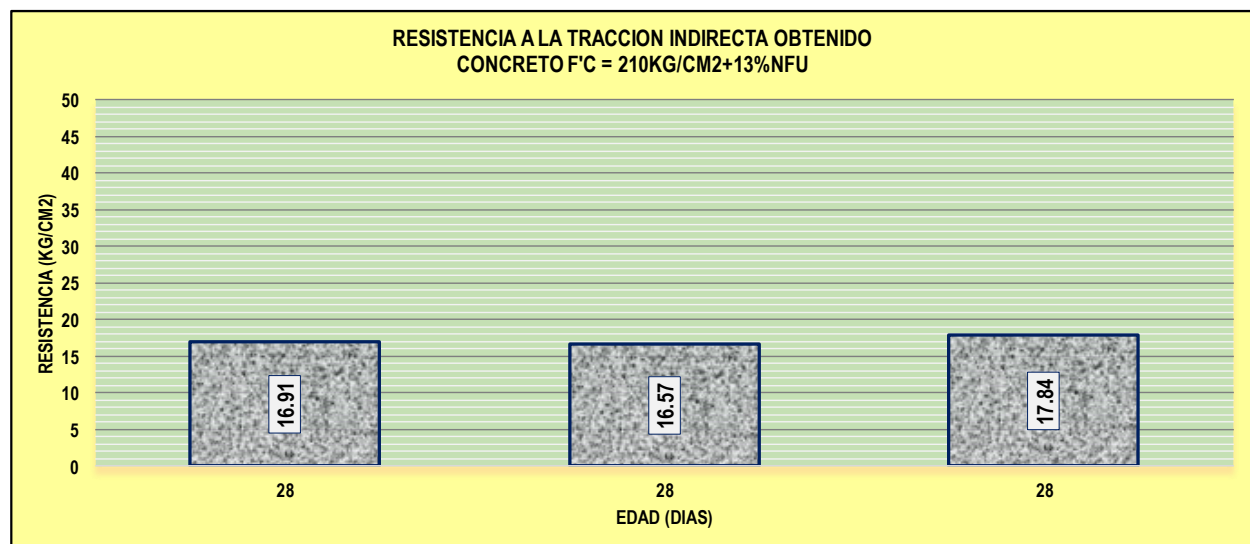


Figura 23. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto f'_c = 210kg/cm² + 13%NFU (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC13%-01T a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de 16.91 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC13%-02T a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de 16.57 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC13%-03T a la edad de 28 días (10/02/2022-10/03/2022) es de 17.84 kg/cm².

3.3.5. Concreto F'_c = 210 kg/cm² + 14%NFU

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA: CONCRETO F'C = 210KG/CM2+14%NFU

ITEM	PROBETA	F'C DISEÑO	SLUMP (in)	EDAD DIAS	ESPECIMEN	FECHA		DIAMETRO CM	LONGITUD CM	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2	PROMEDIO KG/CM2
						ELABORADO	ENSAYADO					
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	210	4	28	CGC14% - 01T	11/02/2022	11/03/2022	14.90	30.00	10212.00	14.54	14.52
				28	CGC14% - 02T	11/02/2022	11/03/2022	15.05	30.05	10511.00	14.80	
				28	CGC14% - 03T	11/02/2022	11/03/2022	15.15	29.90	10124.00	14.23	

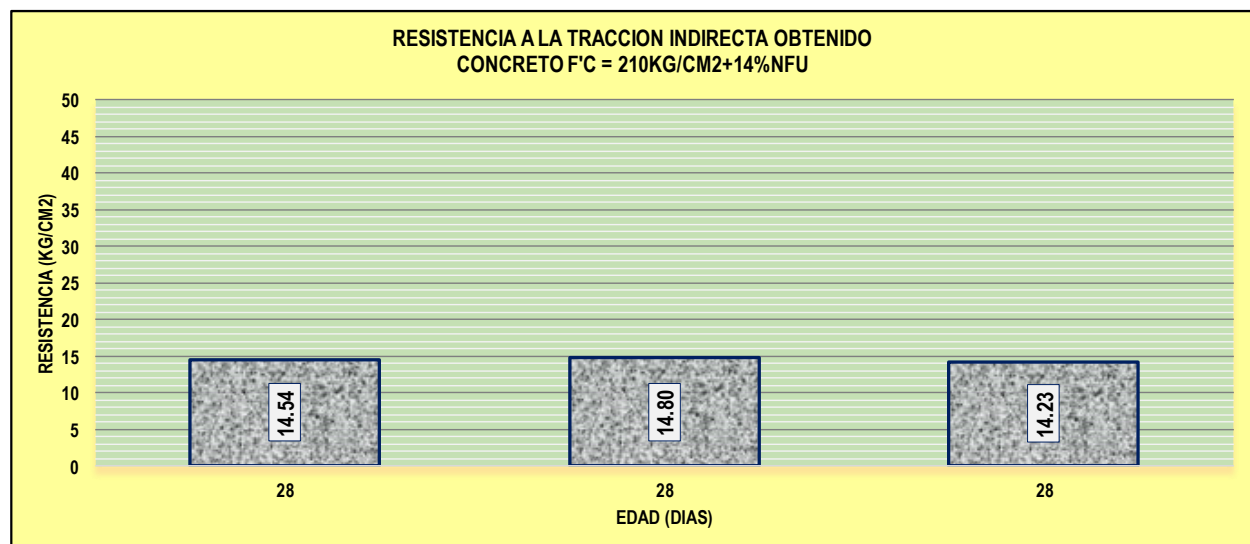


Figura 24. Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta del Concreto f'_c = 210kg/cm² + 14%NFU (Fuente: Elaboración Propia)

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC14%-01T a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 14.54 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC14%-02T a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 14.80 kg/cm².

La resistencia a tracción indirecta obtenido del espécimen CGC14%-03T a la edad de 28 días (11/02/2022-11/03/2022) es de 14.23 kg/cm².

3.4. Costos unitarios de materiales para concretos

3.4.1. Concreto F^c = 210 kg/cm²

900302010134 (0701080 01) Jornada = 8		Mano de Obra	0.00		
CONCRETO F ^c =210KG/CM2		Materiales	349.11		
Productividad por m3:	0.0000 hh 0.0000 hm.hp	Equipos	0.00		
Rendimiento DIA:	9.0000 0.00	Subcontratos	0.00		
Precio Unitario:	m3 S/349.11	Subpartidas	0.00		
Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
ARENA GRUESA	m3		0.3458	120.00	41.50
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.2992	130.00	38.90
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.1016	29.50	268.50
AGUA	m3		0.2146	1.00	0.21

Figura 25. Costos unitarios de materiales para Concreto f^c = 210kg/cm² (Fuente: Elaboración Propia)

El costo unitario de los materiales empleado en la producción del Concreto f^c = 210 kg/cm² es de S/ 349.11.

3.4.2. Concreto F'c = 210 kg/cm² + 11%NFU

900302010135 (0701080 01) Jornada = 8		Mano de Obra	0.00			
CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU		Materiales	334.98			
Productividad por m3: 0.0000 hh 0.0000 hm.hp		Equipos	0.00			
Rendimiento DIA: 9.0000 0.00		Subcontratos	0.00			
Precio Unitario: m3 S/334.98		Subpartidas	0.00			
	Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
	ARENA GRUESA	m3		0.2960	120.00	35.52
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.2663	130.00	34.62
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		8.1005	29.50	238.96
	AGUA	m3		0.1925	1.00	0.19
	NFU	kg		128.4400	0.20	25.69

Figura 26. Costos unitarios de materiales para Concreto f'c = 210kg/cm² + 11%NFU (Fuente:

Elaboración Propia)

El costo unitario de los materiales empleado en la producción del Concreto f'c = 210 kg/cm² + 11%NFU es de S/ 334.98.

3.4.3. Concreto F^c = 210 kg/cm² + 12%NFU

900302010136 (0701080 01)		Jornada = 8		Mano de Obra	0.00	
CONCRETO F ^c =210KG/CM ² +12%NFU				Materiales	333.70	
Productividad por m3:	0.0000 hh	0.0000 hm.hp		Equipos	0.00	
Rendimiento DIA:	9.0000	0.00		Subcontratos	0.00	
Precio Unitario:	m3	S/.	333.70	Subpartidas	0.00	
	Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
	ARENA GRUESA	m3		0.2927	120.00	35.12
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.2633	130.00	34.23
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		8.0047	29.50	236.14
	AGUA	m3		0.1905	1.00	0.19
	NFU	kg		140.1100	0.20	28.02

Figura 27. Costos unitarios de materiales para Concreto f^c = 210kg/cm² + 12%NFU (Fuente:

Elaboración Propia)

El costo unitario de los materiales empleado en la producción del Concreto f^c = 210 kg/cm² + 12%NFU es de S/ 333.70.

3.4.4. Concreto F'c = 210 kg/cm² + 13%NFU

900302010137 (0701080 01)		Jornada = 8		Mano de Obra	0.00	
CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU				Materiales	332.64	
Productividad por m3: 0.0000 hh		0.0000 hm.hp		Equipos	0.00	
Rendimiento DIA: 9.0000		0.00		Subcontratos	0.00	
Precio Unitario: m3 S/.332.64				Subpartidas	0.00	
	Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
	ARENA GRUESA	m3		0.2894	120.00	34.73
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.2603	130.00	33.84
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.9158	29.50	233.52
	AGUA	m3		0.1885	1.00	0.19
	NFU	kg		151.7900	0.20	30.36

Figura 28. Costos unitarios de materiales para Concreto f'c = 210kg/cm² + 13%NFU (Fuente:

Elaboración Propia)

El costo unitario de los materiales empleado en la producción del Concreto f'c = 210 kg/cm² + 13%NFU es de S/ 332.64.

3.4.5. Concreto $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 14\% \text{NFU}$

900302010138 (0701080 01)		Jornada = 8		Mano de Obra	0.00	
CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2+14\%\text{NFU}$				Materiales	331.55	
Productividad por m3:	0.0000 hh	0.0000 hm.hp		Equipos	0.00	
Rendimiento DIA:	9.0000	0.00		Subcontratos	0.00	
Precio Unitario:	m3	S/.	331.55	Subpartidas	0.00	
	Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
	ARENA GRUESA	m3		0.2860	120.00	34.32
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.2574	130.00	33.46
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.8268	29.50	230.89
	AGUA	m3		0.1865	1.00	0.19
	NFU	kg		163.4600	0.20	32.69

Figura 29. Costos unitarios de materiales para Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2 + 14\% \text{NFU}$ (Fuente:

Elaboración Propia)

El costo unitario de los materiales empleado en la producción del Concreto $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2 + 14\% \text{NFU}$ es de S/ 331.55.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Resistencia a la Compresión Axial

ANALISIS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL

ITEM	PROBETA	ESPECIMEN	EDAD DIAS	PROMEDIO KG/CM2	VARIACION %
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	0%NFU	7	174.62	100.00%
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	11%NFU	7	146.76	84.05%
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	12%NFU	7	144.09	82.52%
4	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	13%NFU	7	137.71	78.86%
5	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	14%NFU	7	126.71	72.56%

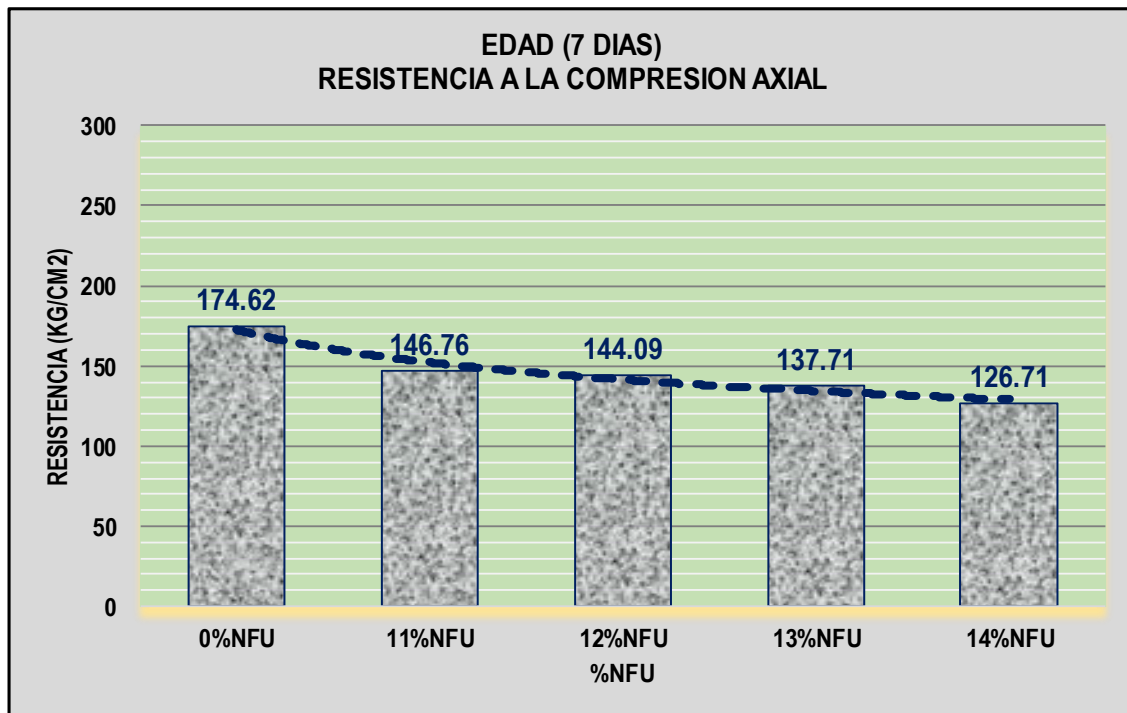


Figura 30. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial - Edad 7 días (Fuente: Elaboración Propia)

La adición del 11%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 84.05% ($146.76 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 7 días.

Así mismo, la adición del 12%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 82.52% ($144.09 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 7 días.

También, la adición del 13%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 78.86% ($137.71 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 7 días.

Finalmente, la adición del 14%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 72.56% ($126.71 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 7 días.

ANALISIS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL

ITEM	PROBETA	ESPECIMEN	EDAD DIAS	PROMEDIO KG/CM2	VARIACION %
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	0%NFU	14	259.44	100.00%
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	11%NFU	14	211.35	81.46%
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	12%NFU	14	199.76	77.00%
4	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	13%NFU	14	193.29	74.50%
5	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	14%NFU	14	186.42	71.85%

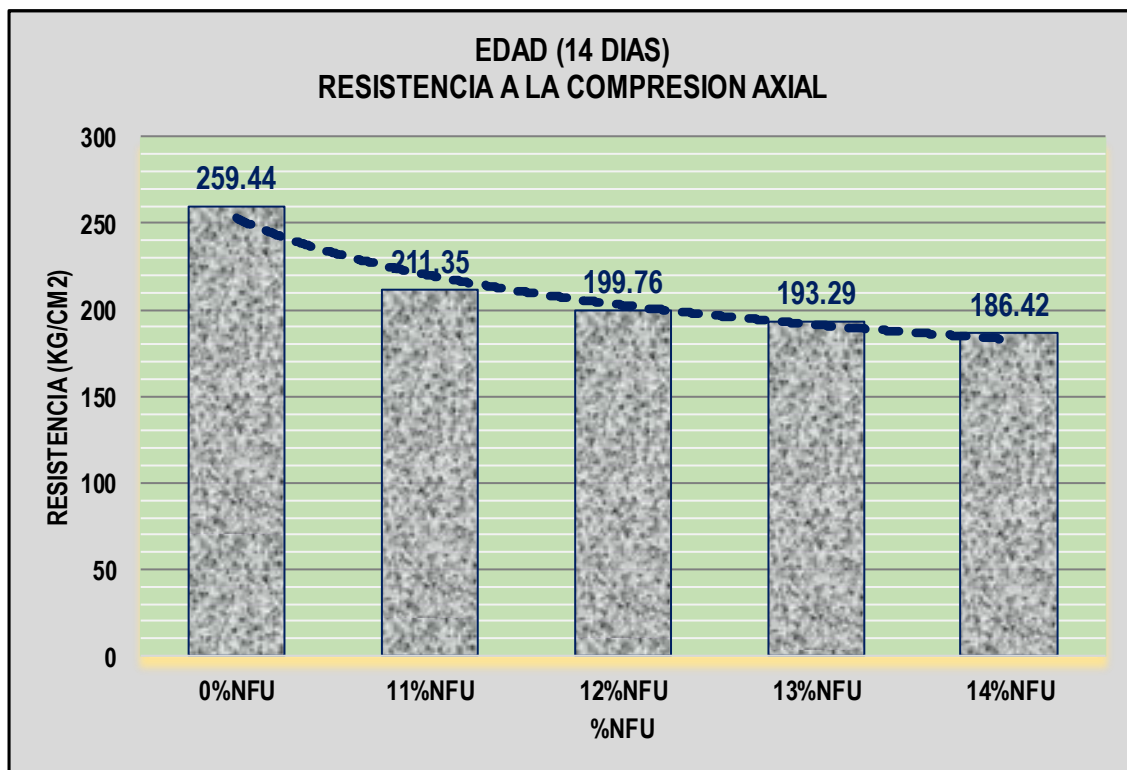


Figura 31. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial - Edad 14 días (Fuente: Elaboración Propia)

La adición del 11%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 81.46% ($211.35 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 14 días.

Así mismo, la adición del 12%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 77.00% ($199.76 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 14 días.

También, la adición del 13%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 74.50% ($193.29 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 14 días.

Finalmente, la adición del 14%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 71.85% ($186.42 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 14 días.

ANALISIS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL

ITEM	PROBETA	ESPECIMEN	EDAD DIAS	PROMEDIO KG/CM2	VARIACION %
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	0%NFU	28	292.98	100.00%
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	11%NFU	28	242.43	82.75%
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	12%NFU	28	223.72	76.36%
4	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	13%NFU	28	207.73	70.90%
5	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	14%NFU	28	193.48	66.04%

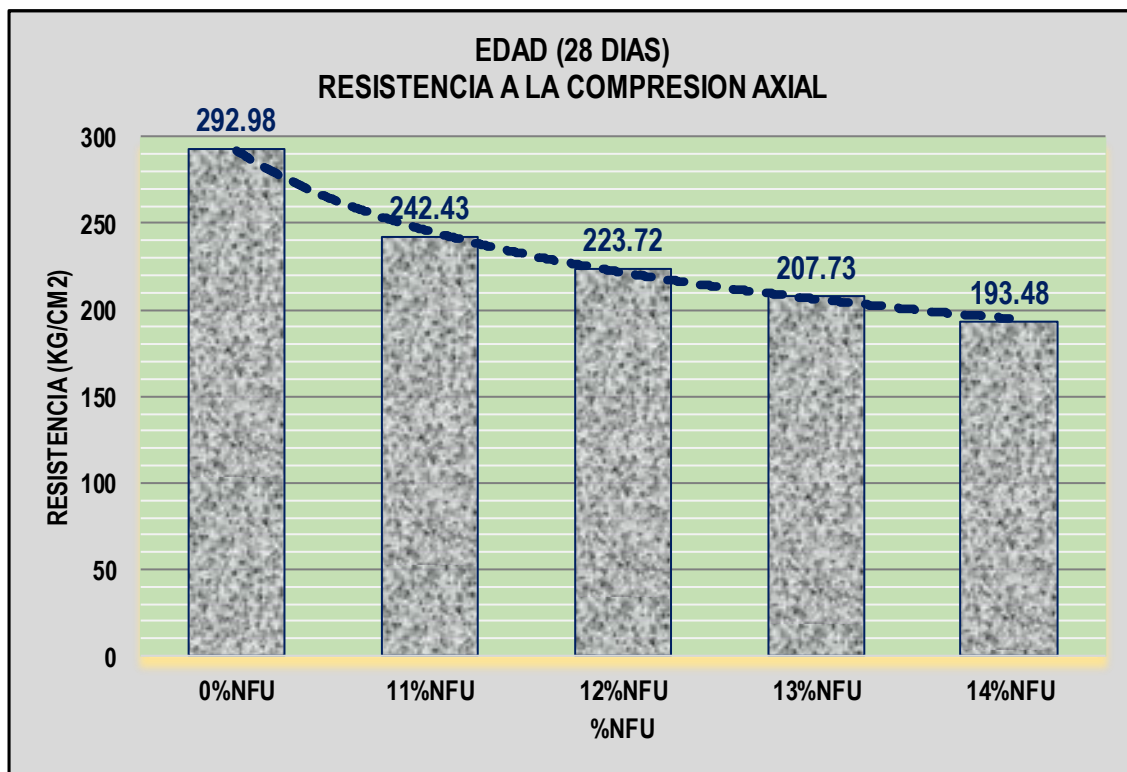


Figura 32. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial - Edad 28 días (Fuente: Elaboración Propia)

La adición del 11%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 82.75% ($242.43 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 28 días.

Así mismo, la adición del 12%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 76.36% ($223.72 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 28 días.

También, la adición del 13%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 70.90% ($207.73 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 28 días.

Finalmente, la adición del 14%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la compresión axial negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 66.04% ($193.48 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 28 días.

El diseño de hormigón con el 10% de caucho triturado incorporado como sustituto parcial del agregado fino, alcanzó una resistencia del 107% del hormigón patrón a la edad de 28 días. Así mismo el hormigón elaborado con el 10% de caucho triturado como sustituto parcial del agregado grueso, alcanzó resistencia de 96% del hormigón patrón a la edad de 28 días. Estos resultados obtenidos por el autor confirman que según como se va adicionando porcentajes de caucho en el concreto, va disminuyendo la resistencia a la compresión axial (Saltos, Garcés, Ordoñez, Suárez, & Guerrero, 2017).

4.1.2. Resistencia a la Flexión

ANÁLISIS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

ITEM	PROBETA	ESPECIMEN	EDAD DIAS	PROMEDIO KG/CM2	VARIACION %
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	0%NFU	28	44.86	100.00%
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	11%NFU	28	35.39	78.89%
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	12%NFU	28	31.78	70.84%
4	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	13%NFU	28	29.19	65.07%
5	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	14%NFU	28	26.57	59.23%

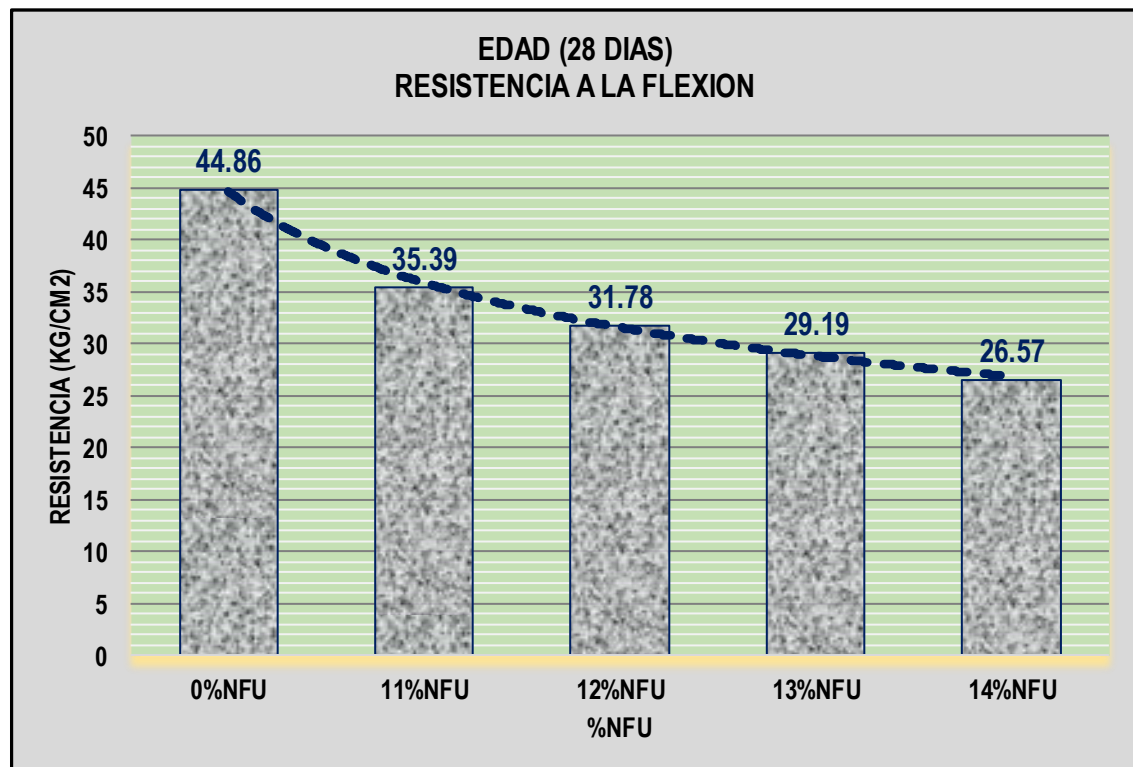


Figura 33. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Flexión - Edad 28 días (Fuente: Elaboración Propia)

La adición del 11%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la flexión negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 78.89% (35.39 kg/cm^2) a la edad de 28 días.

Así mismo, la adición del 12%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la flexión negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 70.84% (31.78 kg/cm^2) a la edad de 28 días.

También, la adición del 13%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la flexión negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 65.07% (29.19 kg/cm^2) a la edad de 28 días.

Finalmente, la adición del 14%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la flexión negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 59.23% (26.57 kg/cm^2) a la edad de 28 días.

Las muestras con 10%, 20% y 30% de sustitución de caucho respecto a la muestra del concreto sin caucho, ensayado a flexión a la edad de 28 días, presentaron reducción en sus valores con el aumento de porcentaje de adición de grano de caucho que oscila entre el 17.47% y 27.11%. Este resultado confirma la investigación (Torres Ospina, 2014)

4.1.3. Resistencia a la Tracción Indirecta

ANÁLISIS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

ITEM	PROBETA	ESPECIMEN	EDAD DIAS	PROMEDIO KG/CM2	VARIACION %
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	0%NFU	28	37.17	100.00%
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	11%NFU	28	24.08	64.78%
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	12%NFU	28	20.13	54.16%
4	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	13%NFU	28	17.11	46.03%
5	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	14%NFU	28	14.52	39.06%

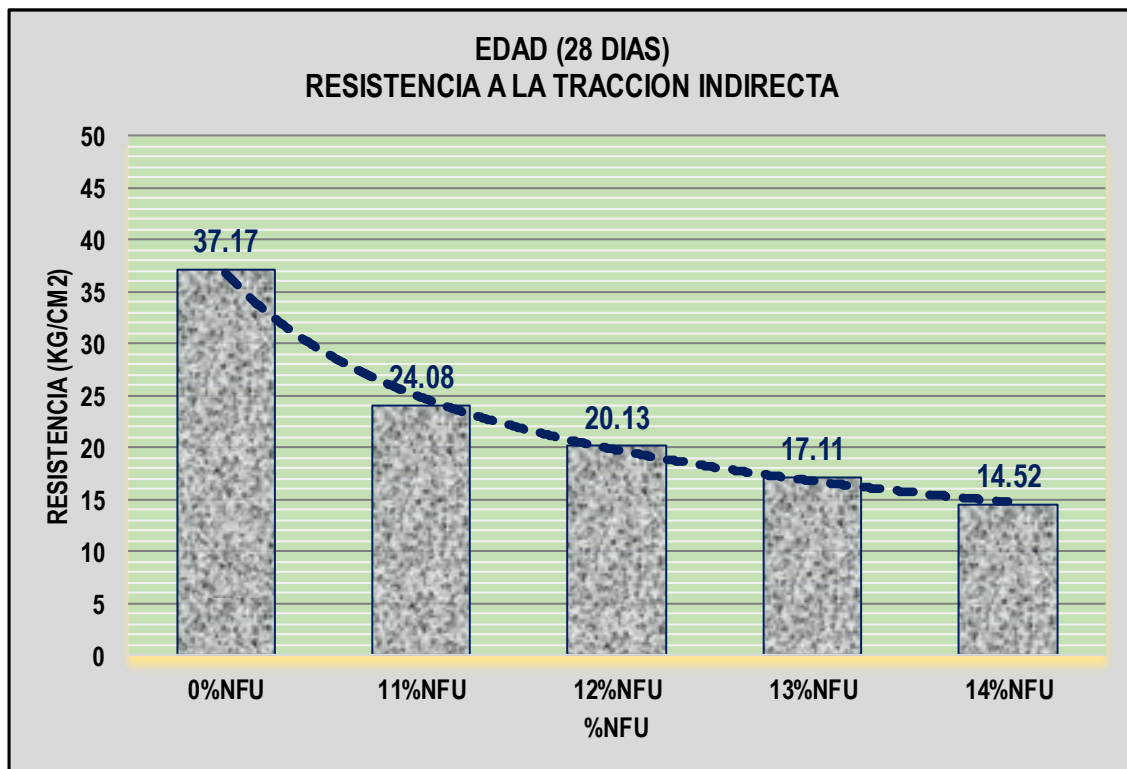


Figura 34. Resumen de Ensayo de la Resistencia a la Tracción Indirecta - Edad 28 días (Fuente: Elaboración Propia)

La adición del 11%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la tracción indirecta negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 64.78% ($24.08 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 28 días.

Así mismo, la adición del 12%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la tracción indirecta negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 54.16% ($20.13 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 28 días.

También, la adición del 13%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la tracción indirecta negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 46.03% ($17.11 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 28 días.

Finalmente, la adición del 14%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye en la resistencia promedio a la tracción indirecta negativamente, lo que equivale decir que disminuye respecto al concreto patrón al 39.06% ($14.52 \text{ kg}/\text{cm}^2$) a la edad de 28 días.

La incorporación del 5% en peso del caucho reciclado en el concreto convencional afecta a la resistencia a la tracción indirecta, ya que esta incorporación hace disminuir su resistencia. Con esta investigación se confirma los resultados hallados (Pérez Oyola & Arrieta Ballén, 2017).

4.1.4. Costos unitarios de materiales para concretos

COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES PARA CONCRETOS

ITEM	PROBETA	ESPECIMEN	COSTOS (S/)	AHORRO (S/)	AHORRO %
1	CONCRETO F'C=210KG/CM2	0%NFU	349.11	0.00	0.00%
2	CONCRETO F'C=210KG/CM2+11%NFU	11%NFU	334.98	14.13	4.05%
3	CONCRETO F'C=210KG/CM2+12%NFU	12%NFU	333.70	15.41	4.41%
4	CONCRETO F'C=210KG/CM2+13%NFU	13%NFU	332.64	16.47	4.72%
5	CONCRETO F'C=210KG/CM2+14%NFU	14%NFU	331.55	17.56	5.03%

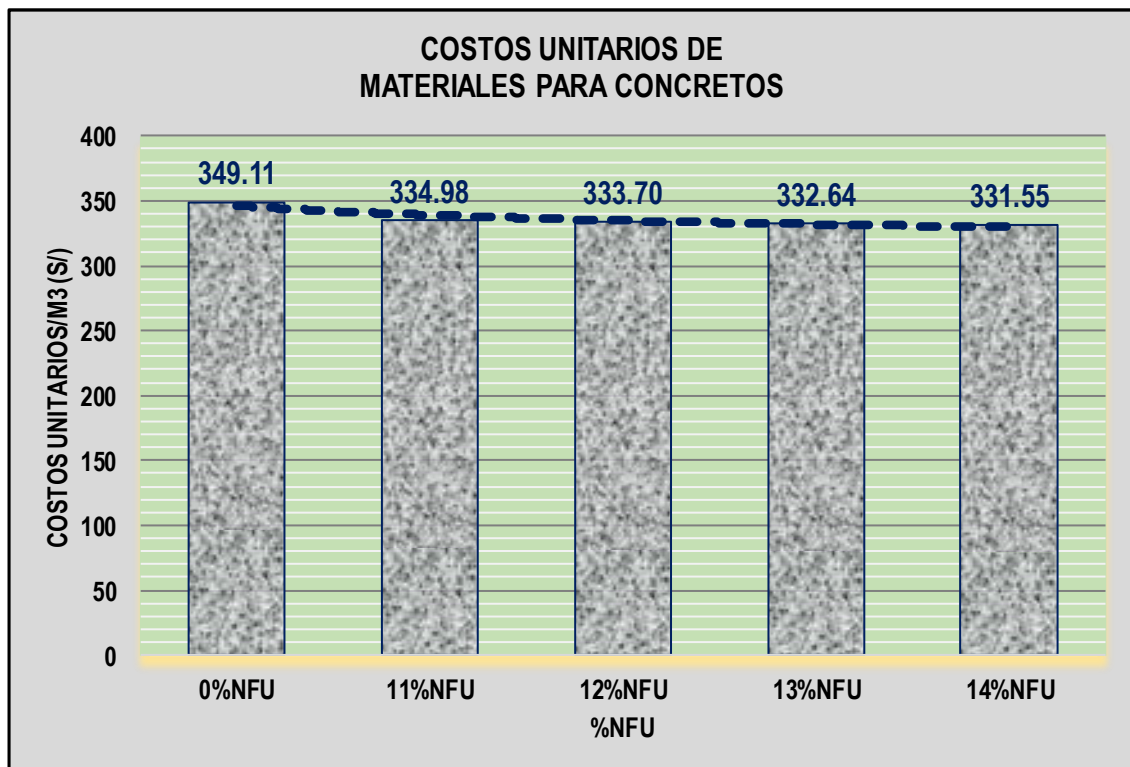


Figura 35. Costos unitarios de materiales para concretos (Fuente: Elaboración Propia)

La adición del 11%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye positivamente en el costo unitario de los materiales, ya que genera un ahorro de S/ 14.13, que representa el 4.05% del costo.

Así mismo, la adición del 12%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye positivamente en el costo unitario de los materiales, ya que genera un ahorro de S/ 15.41, que representa el 4.41% del costo.

También, la adición del 13%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye positivamente en el costo unitario de los materiales, ya que genera un ahorro de S/ 16.47, que representa el 4.72% del costo.

Finalmente, la adición del 14%NFU en el Concreto $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ influye positivamente en el costo unitario de los materiales, ya que genera un ahorro de S/ 17.56, que representa el 5.03% del costo.

En el análisis de precios unitarios del hormigón con el 10% de caucho triturado incorporado reduce el costo en 8.37 dólares, lo cual genera un ahorro en la producción de concretos (Saltos, Garcés, Ordoñez, Suárez, & Guerrero, 2017). Este resultado expuesto por el autor corrobora la investigación.

4.2. Conclusiones

En la investigación, los resultados de la resistencia a la compresión axial, a flexión y tracción indirecta disminuyeron, esto debido a las propiedades físicas del Neumático Fuera de Uso, por el cual se concluye que el %NFU influye así negativamente en la resistencia. Sin embargo, la reutilización del Neumático Fuera de Uso en la fabricación de concretos influye positivamente en el medio ambiente, ya que nos permite mitigar las afectaciones ambientales que generan el Neumático Fuera de Uso. También, la reutilización del Neumático Fuera de Uso en la fabricación de concretos influye positivamente en el costo. Concluyéndose así que la reutilización del Neumático Fuera de Uso genera un concreto económico y ambientalmente sostenible.

4.2.1. Resistencia a la Compresión Axial

La resistencia a la compresión axial obtenido del reemplazo del volumen del Concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ por la cantidad del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso, para las probetas de 7 días de edad disminuyeron entre -15.95% y -27.44%. La hipótesis no se ha cumplido ya que la adición de partículas de neumático fuera de uso en el concreto convencional influye negativamente en su resistencia a la compresión axial.

La resistencia a la compresión axial obtenido del reemplazo del volumen del Concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ por la cantidad del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso, para las probetas de 14 días de edad disminuyeron entre -18.54% y -28.15%. La hipótesis no

se ha cumplido ya que la adición de partículas de neumático fuera de uso en el concreto convencional influye negativamente en su resistencia a la compresión axial.

La resistencia a la compresión axial obtenido del reemplazo del volumen del Concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ por la cantidad del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso, para las probetas de 28 días de edad disminuyeron entre -17.25% y -33.96%. La hipótesis no se ha cumplido ya que la adición de partículas de neumático fuera de uso en el concreto convencional influye negativamente en su resistencia a la compresión axial.

4.2.2. Resistencia a la Flexión

La resistencia a la flexión obtenido del reemplazo del volumen del Concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ por la cantidad del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso, para las probetas de 28 días de edad disminuyeron entre -21.11% y -40.77%. La hipótesis no se ha cumplido ya que la adición de partículas de neumático fuera de uso en el concreto convencional influye negativamente en su resistencia a la flexión.

4.2.3. Resistencia a la Tracción Indirecta

La resistencia a la tracción indirecta obtenido del reemplazo del volumen del Concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ por la cantidad del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso, para las probetas de 28 días de edad disminuyeron entre -35.22% y -60.94%. La hipótesis no se ha cumplido ya que la adición de partículas de neumático fuera de uso en el concreto convencional influye negativamente en su resistencia a la tracción indirecta.

4.2.4. Costos unitarios de materiales para concretos

Los costos unitarios de materiales para concretos obtenido del reemplazo del volumen del Concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ por la cantidad del 11%, 12%, 13% y 14% de partículas de neumático fuera de uso, genera un ahorro entre +S/14.13 y +S/17.56 por la producción de cada metro cubico de concreto. La hipótesis se ha cumplido ya que la adición de partículas de neumático fuera de uso en el concreto convencional genera ahorro en la producción del concreto.

4.3. Recomendaciones

Habiéndose concluido que es un concreto que ha disminuido sus resistencias y es más económico, se recomienda su aplicación en patios de formación, tabiquerías internas, columnetas, viguetas, falso pisos, estacionamiento interno, y así contribuir en la conservación ambiental.

Se recomienda realizar diseño de mezcla de concreto con adición de porcentajes de Neumático Fuera de Uso, empleando otro método distinto al ACI.

Se recomienda realizar ensayos de permeabilidad del concreto con adición de porcentajes de Neumático Fuera de Uso, empleando la Norma ASTM.

REFERENCIAS

- Acero Molina, A. L., & Mogollón Otero, F. A. (2015). Análisis de una mezcla suelo- cemento sustituyendo la fracción granulométrica (pasa no 8 – retiene no 16) por grano de caucho. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad de la Salle, Colombia.
- Akasaki, J., Fioriti, C., Queiroz, R., Fugii, A., & Pinheiro, J. (2016). Comportamiento de tubos circulares de hormigón simple producidos con adición de caucho de neumáticos. (*Revista*). Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- Albano, C., Camacho, N., Hernandez, M., Bravo, A. J., & Guevara, H. (2008). Estudio de concreto elaborado con caucho de reciclado de diferentes tamanos de partículas. (*Revista*). Universidad Central de Venezuela, Venezuela.
- Bastidas Sosa, P. G., & Viñán Andino, M. P. (2017). Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con partículas de caucho de neumáticos reciclados. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador.
- Cabanillas Huachua, E. R. (2017). Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Nacional De Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Ceron Cuevas, I. A., & Milaguy Gil, C. U. (2014). Estado del arte de la incidencia de los polimeros en el diseño de mezcla del concreto. Estudio a nivel mundial. (*Artículo*). Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Escandón Calle, C. R. (2012). Estudio sobre el uso de neumáticos reciclados como muros de contención. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad del Azuay, Ecuador.

- Ferreira Diaz, J. S. (2009). Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto. (*Tesis*). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.
- Flores Medina, D. (2013). Diseño, fabricación, caracterización y aplicaciones constructivas de hormigones de consistencia seca con adiciones de materiales de procedencia orgánica e inorgánica de neumáticos fuera de uso (nfus). (*Tesis Doctoral*). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Flores, C., Rodríguez, S., Cárdenas, A., & Guarneros, O. (2013). Evaluación mecánica de concreto y de corrosión en mortero con partículas de neumático reciclado. (*Revista*). Revista ALCONPAT, Mexico.
- Gudiel Rodríguez, E. R. (2017). Utilización de residuos de neumáticos fuera de uso en conglomerantes con base cemento portland y de activación alcalina para uso en prefabricados de bajo coste económico y medioambiental. (*Tesis Doctoral*). Universitat Politècnica de València, España.
- Guzmán Rojas, Y. J., & Guzmán Rojas, E. L. (2015). Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Hernández Murcia, H. A., & Sánchez Ramírez, H. D. (2015). Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto usando neumáticos triturados como reemplazo del 15%, 25% y 35% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural. (*Artículo*). Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- INEI. (2011). Comportamiento de la economía Peruana en el tercer trimestre de 2011. (*INFORME TÉCNICO PBI Trimestral N° 04 Noviembre 2011*).

- Jiménez Cortes, W. A., & López Rincón, A. M. (2017). Análisis mecánico de la utilización de concreto reciclado como agregado grueso en un concreto de alto desempeño (6000 psi o 42 mpa). (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Lara Guerrero, E. J. (2018). Diseño y elaboración de bloques de hormigón prototipo utilizando partículas de caucho. (*Artículo*). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.
- Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017). Aplicaciones de caucho reciclado. (*Artículo*). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
- Peñaloza Garzón, C. R., & Moreno Barreto, R. (2015). Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto con sustituciones del 10% y el 30% de arena con caucho granulado. (*Artículo*). Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- Pérez Oyola, J. C., & Arrieta Ballén, Y. L. (2017). Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 psi. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Pinzón Galvis, S. (2015). Concretos hidráulicos modificados con materiales reciclado. (*Artículo*). Universidad Piloto de Colombia, Colombia.
- Saltos, A., Garcés, J., Ordoñez, L., Suárez, M., & Guerrero, H. (2017). Utilización de neumáticos usados como agregado en el hormigón: caso provincia de Santa Elena, Ecuador. (*Revista*). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Sánchez Juan, R. (2012). Segunda vida de los neumáticos usados. (*Revista*). Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Torres Ospina, H. A. (2014). Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho. (*Tesis de Maestría*). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia.

Venegas Ramirez, L. C. (2016). Evaluación del comportamiento del grano de caucho de llanta reciclada en la producción de concreto para la empresa argos. (*Tesis de Licenciatura*). Fundación Universidad de América, Colombia.

Yung Vargas, Y. W., Cordoba Maquilón, J. E., & Rondón Quintana, H. A. (2016). Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR). (*Artículo*). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

ANEXOS

- A.1. Ensayo de resistencia a la compresión axial**
- A.2. Ensayo de resistencia a la flexión**
- A.3. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta**
- A.4. Costos unitarios de materiales para concretos**

A.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL

A.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

A.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

A.4. COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES PARA CONCRETOS