

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE VIRUTA DE ALUMINIO EN LA
RESISTENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO DE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, EN LA
CIUDAD DE CAJAMARCA”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentada por:

Bach. Cerdán Ramos, Hosmeño Martín

Asesor:

Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel Angel

CAJAMARCA – PERÚ

2023

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por estar siempre guiándome a lo largo de mi carrera en cada momento de mi vida y darme la fuerza para lograr mis objetivos para seguir aprendiendo con distintas experiencias.

A mis padres, hermanas, a mi novia y mis familiares porque son importantes en mi vida y ser siempre mis principales motivadores. Además de saber que mis logros también son los suyos.

A mi asesor Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno por su ayuda brindada en el desarrollo de esta tesis y a cada uno de mis jurados por su aporte a la mejora de la investigación.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme cumplir el sueño de concluir mi carrera.

A mis padres, hermanas y a mi novia por su amor y estar siempre apoyándome, para ser de mí una mejor persona.

A mis compañeros, docentes, amigos y en general a todas aquellas personas han contribuido en esta investigación.

Hosmeño Martín Cerdán Ramos

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Formulación del problema	16
1.3 Hipótesis general de investigación.....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	16
1.5 Alcances y Delimitación de la Investigación	16
1.6 Limitaciones	17
1.7 Objetivos	17
1.7.1 Objetivo General	17
1.7.2 Objetivos Específicos.....	17
1.8 Descripción de contenido de los capítulos	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1 Antecedentes Teóricos	19
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2 Antecedentes Nacionales	20
2.1.3 Antecedentes Locales.....	21
2.2 Bases Teóricas.....	22
2.2.1 Concreto	22
2.2.2 Componentes del Concreto	22
2.2.3 Propiedades del Concreto Fresco	32
2.2.4 Propiedades del Concreto endurecido	35
2.2.5 Concretos Reforzados con Fibras.....	38
2.2.6 Fibras.....	38
2.2.7 Aluminio	38
2.2.8 Características del Aluminio	39
2.2.9 Viruta.....	39

2.2.10	Viruta de aluminio.....	40
2.2.11	Aluminio en el concreto	40
2.2.12	Porcentajes de viruta de aluminio en el concreto	40
2.2.13	Dosificación de materiales	40
2.3	Especímenes de concreto	42
2.4	Definición de Términos Básicos	42
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO		44
3.1	Localización del Proyecto	44
3.1.1	Ubicación Geográfica de la Investigación	44
3.1.2	Ubicación Geográfica del Origen de los Agregados	45
3.2	Tiempo y Época de la Investigación	45
3.3	Metodología de la investigación	46
3.3.1	Tipo, Nivel, Diseño y Metodología de la Investigación	46
3.3.2	Variables	46
3.3.3	Población de Estudio.....	46
3.3.4	Muestra.....	47
3.3.5	Unidad de Análisis	47
3.3.6	Unidad de observación	47
3.4	Procedimiento de la investigación	47
3.5	Procedimiento de los ensayos de la investigación	49
3.5.1	Propiedades de los Agregados	49
3.5.2	Diseño de Mezcla	56
3.5.3	Elaboración de especímenes de concreto	57
3.5.4	Curado de probetas	58
3.5.5	Peso unitario del concreto	58
3.5.6	Resistencia a compresión	59
3.5.7	Resistencia a flexión	60
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	61
3.6.1	Técnicas de estudio	61
3.6.2	Instrumentos de estudio.....	61
3.6.3	Presentación de resultados	61
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		75
4.1	Análisis y discusión de resultados de los agregados	75
4.1.1	Granulometría de los agregados	75
4.1.2	Pesos específicos y Absorción	75

4.1.3	Peso Unitario de los agregados	75
4.1.4	Contenido de humedad.....	76
4.1.5	Materiales finos que el tamiz 75 μ m (N $^{\circ}$ 200)	76
4.1.6	Abrasi3n del agregado grueso	76
4.2	An3lisis y discusi3n de resultaos de la Mezcla de Concreto.....	76
4.3	An3lisis y discusi3n de resultados del concreto fresco.	77
4.3.1	Asentamiento del concreto fresco	77
4.3.2	Peso unitario del concreto fresco	77
4.3.3	Temperatura del concreto fresco	77
4.4	An3lisis y discusi3n de resultados del concreto endurecido	77
4.4.1	Peso unitario del concreto en estado endurecido	77
4.4.2	Resistencia a Compresi3n del Concreto.....	78
4.4.3	Resistencia a la flexi3n del Concreto	78
4.4.4	Contrastaci3n de la Hip3tesis.....	78
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		79
5.1	Conclusiones	79
5.2	Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		81
ANEXOS		86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Compuestos químicos que forman el cemento portland (Maldonado,2021)	24
Tabla N°2: Tamices a utilizar para el Análisis granulométrico (NTP 400.011, 2020).....	26
Tabla N° 3: Requerimiento de granulometría para agregado fino (NTP 400.037, 2018).....	27
Tabla N° 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso (NTP 400.037, 2018).....	28
Tabla N° 5: Límites químicos del agua para mezclas (NTP 339.088, 2019).	32
Tabla N° 6: Clasificación del Concreto Según su Peso Unitario (Rodríguez Mantilla,2019).	35
Tabla N° 7: Edades de ensayo y tolerancias permisibles (NTP 339.034,2021)	36
Tabla N° 8: Número de Muestras Ensayadas	47
Tabla N°9: Propiedades de los agregados de río (Cantera Doña Ramona).	62
Tabla N° 10: Materiales de diseño necesarios para metro cúbico de concreto $f'c=210$ Kg/cm ²	62
Tabla N° 11: Materiales corregidos necesarios para metro cúbico de concreto $f'c=210$ Kg/cm ²	62
Tabla N° 12: Materiales Corregido para un metro cúbico de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ con adiciones de viruta de aluminio.	63
Tabla N° 13: Asentamiento del concreto	64
Tabla N° 14: Peso Unitario del del concreto en estado fresco.....	64
Tabla N° 15: Temperatura del concreto en estado fresco	65
Tabla N° 16: Peso Unitario del Concreto Endurecido de $f'c= 210\text{kg/cm}^2$	66
Tabla N° 17: Resistencia a la Compresión del concreto a los de 7 días.	67
Tabla N° 18: Resistencia a la Compresión del concreto a los de 28 días	69
Tabla N° 19 : Resistencia a la flexión del concreto a los 7 días.	71
Tabla N° 20: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días.	73

Tabla N° 21: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202.	86
Tabla N° 22: Peso Específico del Agua.	88
Tabla N° 23: Factor de calibración (f) del agregado grueso ASTM C29 / NTP 400.017.	88
Tabla N° 24 : Peso Unitario Suelto agregado Grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).	88
Tabla N° 25: Peso Unitario Compactado Agregado Grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).	89
Tabla N° 26: Peso Específico Agregado Grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021.	89
Tabla N° 27: Absorción (%) Agregado Grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021.	89
Tabla N° 28: Contenido de Humedad (%) Agregado Grueso - A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185.	89
Tabla N° 29: Ensayo de Abrasión Agregado Grueso - / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207.	90
Tabla N° 30: Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Grueso.	90
Tabla N° 31: Análisis Granulométrico del Agregado fino: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202.	91
Tabla N° 32: Factor de calibración (f) del agregado fino - ASTM C29 / NTP 400.017.	93
Tabla N° 33: Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).	93
Tabla N° 34: Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).	93

Tabla N° 35: Peso Específico /NTP 400.022/ A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.	93
Tabla N° 36: Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.	94
Tabla N° 37: Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185	94
Tabla N° 38: Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Fino.....	94
Tabla N° 39: Peso Unitario del concreto en estado fresco para $f'c=210$ kg/cm ² , con diferentes Porcentajes de adición de Viruta de Aluminio.....	97
Tabla N° 40: Peso Unitario del concreto en estado Endurecido para $f'c=210$ kg/cm ²	98
Tabla N° 41: Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 7días.	99
Tabla N° 42: Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5% de V.A a edad de 7días.	99
Tabla N° 43: Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5% de V.A a edad de 7días.	100
Tabla N° 44: Resistencia a la compresión del concreto con adición 3% de V.A a edad de 7días.	100
Tabla N° 45: Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 28 días.....	101
Tabla N° 46: Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5 % de V.A a edad de 28 días.	101
Tabla N° 47: Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5 % de V.A a edad de 28 días.	102
Tabla N° 48: Resistencia a la compresión del concreto con adición 3 % de V.A a edad de 28 días.	102
Tabla N° 49: Resistencia a la flexión del concreto patrón a edad de 7 días.	103

Tabla N° 50: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 0.5 % de V.A a edad de 7 días.....	103
Tabla N° 51: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 1.5 % de V.A a edad de 7 días.....	104
Tabla N° 52: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 3 % de V.A a edad de 7 días.....	104
Tabla N° 53: Resistencia a la flexión del concreto patrón a edad de 28 días.....	105
Tabla N° 54: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 0.5% de V.A a edad de 28 días.....	105
Tabla N° 55: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 1.5% de V.A a edad de 28 días.....	106
Tabla N° 56: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 3% de V.A a edad de 28 días.....	106
Tabla N° 57: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón a edad de 7 días.....	107
Tabla N° 58: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 0.5 % de V.A a edad de 7 días.....	109
Tabla N° 59: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 1.5 % de V.A a edad de 7 días.....	111
Tabla N° 60: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 3 % de V.A a edad de 7 días.....	113
Tabla N° 61: Resumen del Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón y con adición de 0.5 %, 1.5% y 3% de V.A a edad de 7 días.....	115
Tabla N° 62: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón a edad de 28 días.....	117

Tabla N° 63: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 0.5% de V.A a edad de 28 días.	119
Tabla N° 64: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 1.5% de V.A a edad de 28 días.	121
Tabla N° 65: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 3% de V.A a edad de 28 días.	123
Tabla N° 66: Resumen Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria para concreto patrón y con adición de 0.5, 1.5 y 3% de Viruta de Aluminio.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Esquema de los Modelos de Fractura Típicos. (NTP 339.034, 2021).....	37
Figura N° 2: Método de diseño ACI 211.....	41
Figura N° 3: Ubicación geográfica del lugar de investigación (Google Earth Pro)	44
Figura N° 4: Ubicación geográfica de la cantera “Doña Ramona” (Google Maps).....	45
Figura N° 5: Procedimiento de la Investigación	48
Figura N° 6: Gráfica resistencia a la compresión vs viruta de aluminio a los 7 días.	68
Figura N° 7: Gráfica resistencia a la compresión vs viruta de aluminio a los 28 días.	70
Figura N° 8: Gráfica resistencia a la flexión vs viruta de aluminio a los 7 días	72
Figura N° 9: Gráfica resistencia a la flexión vs viruta de aluminio a los 28 días.....	74
Figura N° 10: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.	87
Figura N° 11: Curva granulométrica de agregado fino.	92
Figura N° 12: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón a edad de 7 días.....	108
Figura N° 13: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 0.5 % de V.A a edad de 7 días.	110
Figura N° 14: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 1.5 % de V.A a edad de 7 días.	112
Figura N° 15: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 3 % de V.A a edad de 7 días.	114
Figura N° 16: Gráfica Resumen Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 0.5 %, 1.5% y 3% de V.A a edad de 7 días.	116
Figura N° 17: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón a edad de 28 días.....	118

Figura N° 18: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 0.5% de V.A a edad de 28 días.	120
Figura N° 19: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 1.5% de V.A a edad de 28 días.	122
Figura N° 20: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 3% de V.A a edad de 28 días.	124
Figura N° 21: Gráfica Resumen Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria para concreto patrón y con adición de 0.5, 1.5 y 3% de Viruta de Aluminio.....	126
Figura N° 22: Viruta de Aluminio Reciclada	131
Figura N° 23: Análisis granulométrico del agregado fino.....	131
Figura N° 24: Análisis Granulométrico del agregado grueso.....	132
Figura N° 25: Peso específico del agregado grueso.	132
Figura N° 26: Peso específico del agregado fino.....	133
Figura N° 27: Determinación del contenido de humedad del de los agregados.....	133
Figura N° 28: Peso unitario seco compactado del agregado grueso.....	134
Figura N° 29: Peso unitario suelto del agregado grueso.	134
Figura N° 30: Peso unitario suelto del agregado fino.....	135
Figura N° 31: Peso unitario compactado del agregado fino	135
Figura 32: Determinación del Asentamiento del concreto.	136
Figura N° 33: Peso Unitario del concreto en estado Fresco	136
Figura N° 34: Control de Temperatura del Concreto fresco.	137
Figura N° 35: Elaboración de los especímenes de concreto.....	137
Figura N° 36: Rotura de Probetas a Compresión	138
Figura N° 37: Rotura de probetas a Flexión	138

RESUMEN

En la tesis se ha estudiado la influencia de la adición de viruta de aluminio en la resistencia mecánica de un concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cajamarca, donde se inició determinando las propiedades físico mecánicas de los agregados, para luego realizar el proporcionamiento de materiales mediante el método ACI. Las adiciones de viruta de aluminio (VA) fueron de 0.5%, 1.5% y 3% con relación al peso de cemento de la mezcla, elaborándose un total de 96 especímenes (cilíndrico y prismáticos), de las cuales 48 se ensayaron a compresión y 48 a flexión a edades de 7 y 28 días en ambos casos, donde los ensayos se realizaron teniendo en cuenta las Normas ASTM, NTP y el manual de ensayos MTC; comparando los resultados del concreto patrón con el concreto con adición se obtuvo que la resistencia a compresión baja tiene una mayor variación desfavorable a edad de 28 días llegando a disminuir hasta un 24.49% para 3% de adición de V.A. Mientras que la resistencia a flexión es favorable observándose una variación positiva máxima de 9.27% para 1.5% de adición de V.A a edad de 28 días. Concluyendo que la adición de la viruta de aluminio influye de manera negativa en la resistencia a compresión; pero aumenta la resistencia a flexión.

Palabras clave: Concreto, agregados, Propiedades mecánicas, a la compresión, resistencia a la flexión, virutas de aluminio.

ABSTRACT

In the thesis, the influence of the addition of aluminum shavings on the mechanical resistance of a concrete of $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ has been studied, in the city of Cajamarca, where it began by determining the physical-mechanical properties of the aggregates, to then carry out the provision of materials using the ACI method. The additions of aluminum shavings (VA) were 0.5%, 1.5% and 3% in relation to the weight of cement in the mix, making a total of 96 specimens (cylindrical and prismatic), of which 48 were tested under compression and 48 to flexion at ages of 7 and 28 days in both cases, where the tests were carried out taking into account the ASTM, NTP Standards and the MTC test manual; Comparing the results of the standard concrete with the concrete with addition, it was obtained that the low compressive strength has a greater unfavorable variation at an age of 28 days, decreasing up to 24.49% for 3% addition of V.A. While the resistance to flexion is favorable, observing a maximum positive variation of 9.27% for 1.5% addition of AV at the age of 28 days. Concluding that the addition of aluminum shavings negatively influences the compressive strength; but the flexural strength increases.

Keywords: Concrete, aggregates, mechanical properties, compression, flexural strength, aluminum shavings.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El concreto es uno de los materiales con más preferencia en el sector de la construcción no solo en el Perú sino también a nivel mundial, y aunque es un material que presenta ciertas ventajas con respecto a otros materiales, también presenta características de debilidad en la resistencia mecánica, limitando su utilización en algunos trabajos de compresión y flexión, es por ello que muchos investigadores han puesto empeño en identificar nuevas alternativas para la mezcla, que cumplan y mejoren las propiedades del concreto (Arroyo & Pertuz, 2022)

En muchos trabajos de campo se evidencia las fallas del concreto simple, especialmente ante fuerzas de flexión, razón por la cual se fisura y se agrieta fácilmente, también tiende a ser un material muy pesado y costoso, por tal motivo las virutas metálicas son una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas, ya que alteran la estructura del concreto volviéndolo un material más resistente a las flexiones, por ende, más resistente a las fisuras y el agrietamiento. (Arias & Rativa, 2020)

La viruta de aluminio puede ser una excelente alternativa teniendo en cuenta que proviene del aluminio uno de los metales más abundantes en la tierra, el más utilizados en la industria, por ser extremadamente dúctil, resistente a la corrosión, de baja densidad y extremadamente ligero. (García Chumacero, 2020)

En Cajamarca la utilización de la viruta de aluminio es una investigación moderna puesto que aún no se tiene un estudio completo y detallado de su aporte al concreto, ante ello nace la necesidad e importancia de estudiar y analizar su influencia en la resistencia mecánica del concreto, donde se compara un concreto convencional (patrón) de resistencia $f'c=210$ kg/cm², con un concreto con adición de viruta de aluminio.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo influye la adición de viruta de aluminio en la resistencia mecánica de un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cajamarca?

1.3 Hipótesis general de investigación

La adición de viruta de aluminio incrementa la resistencia mecánica del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cajamarca en más de 5%.

1.4 Justificación de la investigación

La presente investigación permite fortalecer y ampliar el conocimiento que se tiene sobre la influencia de la viruta de aluminio en la resistencia mecánica del concreto; la información es un aporte importante para los estudiantes, profesionales y población en general, la cual se debe tener en cuenta con la finalidad de mejorar la calidad de construcción en la ciudad Cajamarca.

También se contribuye con el avance tecnológico del estudio del concreto ya que a través de la investigación se busca incorporar este nuevo material (viruta de aluminio) que permita mejorar las propiedades mecánicas.

1.5 Alcances y Delimitación de la Investigación

El presente estudio se desarrolló en la ciudad de Cajamarca, provincia de Cajamarca y región Cajamarca donde se evaluó la influencia de la adición de viruta de aluminio en la resistencia mecánica de un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando porcentajes de 0.5%, 1.5% y 3% con relación al peso de cemento de mezcla; los ensayos se hicieron en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

La investigación se desarrolló utilizando Cemento Pacasmayo Portland Tipo I, agregados de río de la cantera “Doña Ramona”, agua del laboratorio de materiales de la

Universidad Nacional de Cajamarca y se realizó los ensayos a compresión y flexión solo a edades de 7 y 28 días. Los Resultados son válidos únicamente para esta cantera y el tipo de cemento utilizado puesto que existe variedad de cementos y otros agregados, cuyas propiedades no son las mismas.

1.6 Limitaciones

No se tiene en cuenta la reacción química entre la viruta de aluminio y en concreto.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

- Determinar la influencia de la adición de viruta de aluminio en la resistencia mecánica de un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, en la ciudad de Cajamarca.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a compresión del concreto con adición de viruta de aluminio al 0.5%, 1.5%, 3% con relación al peso de cemento de la mezcla para edades de 7 y 28 días.
- Determinar la resistencia a flexión del concreto con la adición de viruta de aluminio al 0.5%, 1.5%, 3% con relación al peso del cemento la mezcla para edades 7 y 28 días.

1.8 Descripción de contenido de los capítulos

Capítulo I: Introducción

En este capítulo se tiene el planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis general, justificación de la investigación, alcances y delimitaciones, limitaciones, objetivos y de descripción de los contenidos.

Capitulo II: Marco teórico

Se describe las investigaciones que se tiene con respecta al tema planteado tanto internacionales, nacionales y locales, se expone las bases teóricas y definición de términos básico.

Capitulo III: Materiales y método

Este capítulo consta de la localización del proyecto, tiempo y época de la investigación, método de la investigación, procedimiento de la investigación, procedimiento de los ensayos y técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capitulo IV: Análisis y discusión de resultados

Se analiza y se discute los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados en el laboratorio teniendo en cuenta los datos de la literatura.

Capitulo II: Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones son de acuerdo a los objetivos de nuestra investigación, mientas se describe algunas recomienda, para seguir mejorando la información acerca del tema de investigación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricos

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Barriga (2021) en su investigación sobre la “**Adición de fibras de aluminio reciclado en concreto hidráulico para evaluar sus propiedades físico-mecánicas**”, realizado en México; donde se analizaron propiedades para ver cuál es el comportamiento que va generando a lo largo del tiempo. Se obtuvo el aluminio de latas recicladas las cuales fueron cortadas de 2 pulgadas de largo por 4 mm de ancho, creando 3 mezclas diferentes de 0, 0.2, 0.3% de aluminio respecto al volumen total, desarrollando en cada mezcla 5 cilindros para 7 días, 5 cilindros y 2 vigas para 14 días, 8 cilindros y 3 vigas para los 28 días. En estado endurecido se realizaron pruebas a compresión donde los resultados con adición fueron negativos comparando con la muestra testigo ya que el aluminio reacciona con el concreto, crea efervescencia y provoca una disminución de la resistencia tanto a compresión como a flexión. Por lo tanto, no se recomiendan las fibras de aluminio reciclada para el uso en concretos con un $f'c$ de 250 kg/cm².

Según Triana Waldrón (2021) en su trabajo de investigación, titulada: “**Adición de fibras de aluminio, para construcción de concreto en Cundinamarca**”, desarrollado en Colombia, cuyo objetivo es determinar una adición de fibras de aluminio reciclado que produzca mayor resistencia y adherencia al concreto, para disminuir a temprana edad las posibles fallas por fisuras, para ser aplicado en sobre piso de construcciones de obras civiles en Cundinamarca, realizó la dosificación para adicionar las fibras de aluminio reciclado con los siguientes porcentajes: 3%, 6%, 9%, y 12%; aplicando el ensayo a compresión de cilindros en el cual se realizaron 12 cilindros de concreto y fueron fallados a los 7, 14, y 28 días; los resultados se compararon y realizaron para conocer el porcentaje óptimo de inclusión, alcanzando mayor resistencia a compresión a los 28 días, esto quiere decir que las fibras de

aluminio aportan una mayor resistencia que el concreto tradicional, lo cual se califica como un factor positivo para ser aplicado en sobre pisos de construcción como en parqueaderos, además de esto también mitigando la contaminación en el medio ambiente.

Según Bonilla & Lascano (2017) en su tesis “**Comportamiento mecánico del hormigón Reforzado con Fibras de Aluminio Reciclado**”, realizado en Ecuador; donde se diseña un hormigón ordinario y un hormigón con fibras de aluminio incluido para comparar su resistencia a flexión y compresión, con la finalidad de obtener un porcentaje óptimo se utilizaron dos tipos de fibra de aluminio variando los porcentajes de inclusión en 0.20%, 0.25%, 0.30% y 0.50%. Se fabricaron especímenes cilíndricos y vigas de las mezclas de hormigones para ensayar a compresión y flexión; llegando a la conclusión a través de los ensayos que en ambos casos se mejora el desempeño del hormigón cuando se empleaba un 0.30% de fibra de aluminio reciclado, obteniendo de esta forma un hormigón con mejores propiedades mecánicas que el hormigón convencional.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

García Chumacero (2020) en su tesis “**Evaluación de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto Adicionando Viruta de Aluminio Secundario, Lambayeque, 2020**”, desarrollado en Lambayeque; en dicha investigación el objetivo principal es estudiar la influencia que tiene la viruta de aluminio secundario en las propiedades físico y mecánicas del concreto. Los porcentajes de adición de VAS son de 0.50%, 1.50%, 3.50% y 5.00% del peso del cemento, para diseños de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizado viruta tipo continua de 60 mm de largo y 2mm de ancho. En dicho trabajo se evaluó, asentamiento, temperatura, peso unitario, contenido de aire, resistencia mecánica y el módulo de elasticidad; obteniendo un asentamiento y trabajabilidad dentro de un límite admisible hasta el 3.5% de adición, con respecto a la resistencia mecánica las adiciones en menor porcentaje aumentan la resistencia a compresión y módulo de elasticidad de manera más significativa que en adiciones en altos

porcentajes, en tanto la tracción y flexión tienden aumentar con un máximo de adición de 3.5%.

Bustamante & Vásquez (2022) en su investigación "**Diseño de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de aluminio molido para mejorar la resistencia a compresión Moyobamba, 2022**", realizado en Moyobamba su finalidad fue diseñar un concreto de $f'c = 210$ kg/cm² con adición de aluminio molido en porcentajes de 3%, 5% y 10% para mejorar la resistencia a compresión en Moyobamba, la investigación se realizó con 48 probetas como muestra, 12 sin adición de aluminio y 36 con adición de aluminio molido, los ensayos se realizaron a edades de 7, 14, 21 y 28 días, los resultados mostraron un incremento de la resistencia a la compresión, concluyendo que el aluminio molido mejora la resistencia a compresión encontrando un porcentaje óptimo de 3% al adicionar en reemplazo del agregado fino.

2.1.3 Antecedentes Locales

Según De la Cruz (2022) en su tesis titulada: "**Influencia en la resistencia a la compresión y flexión de la combinación de cascara de maní molido y polvillo de aluminio reciclado en reemplazo parcial del cemento en 5%,10% y 15% para un concreto $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Cajamarca – 2022**", donde los resultados más favorables para la resistencia a compresión se dieron al adicionar el 10% de cascara de maní molido y 10% de polvo de aluminio, mientras que los resultados más favorables para la resistencia a flexión se observa que son al adicionar el 5% de cascara de maní molido y 5% de polvo de aluminio; concluyendo que la adición parcial de cascara de maní molido y polvo de aluminio en reemplazo del cemento mejora la resistencia a compresión y flexión del concreto.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Concreto

El concreto es un material artificial compuesto, elaborado por el hombre consta de dos partes: El primero es un producto pastoso (agua y cemento), maleable con capacidad de endurecer con el tiempo, mientras que la segunda parte está compuesta por fragmentos de piedra (arena y grava) que se encuentra inmersos en la pasta; una vez que el concreto alcanza su resistencia máxima es similar a la piedra por su dureza, pero con la diferencia que el concreto se puede moldear a diferentes formas y dimensiones requeridas a través del encofrado (Ortega García, 2017)

El concreto u hormigón es una mezcla homogénea de arena, grava, piedra triturada u otros agregados (compuestos gruesos) que se unen en una pasta de agua y cemento (compuestos finos); al inicio siempre es una mezcla semilíquida para que luego a través de un proceso de hidratación mediante una reacción química entre el material cementante y el agua se convierta en un material sólido (McCormac & Brown, 2017).

2.2.2 Componentes del Concreto

Como se mencionó previamente, el hormigón es un material compuesto que se forma a partir de la mezcla de los áridos, el cemento y agua. Las propiedades de este material de construcción (concreto) dependen en gran medida de las propiedades individuales de cada componente, así como de la cantidad de cemento y de la relación agua/cemento (Cordero et al, 2019).

2.2.2.1 Cemento

El cemento es uno de los materiales principales, que cuenta con propiedades adhesivas y aglutinantes, gracias a las cuales es capaz de unir fragmentos minerales (áridos) para formar un material denso con la resistencia y durabilidad características del concreto; es un

componente químicamente activo por naturaleza y por lo tanto determinante en todas las propiedades de la mezcla, tales como durabilidad y resistencia, forma aproximadamente entre el 7% y el 15% del volumen total del concreto dependiendo de la resistencia (Rodríguez Matallana, 2019).

2.2.2.1.1 *Cemento portland*

Es un producto aglutinante hidráulico de un color grisáceo, material inorgánico finamente molido y uno de los más utilizados en la construcción, se obtenido de la pulverización de Clinker portland, al mezclarse con agua forma una pasta cohesiva que se endurece formando una estructura sólida capaz de mantiene su resistencia y la estabilidad incluso bajo el agua (CEMEX, 2019).

El Clinker del cemento portland es un producto intermedio, se obtiene mediante la mezcla homogénea de materias primas: caliza, arcilla, arena, compuestos de hierro y otros componentes en proporciones definidas (crudo, pasta o harina), los cuales se muelen y se calcinan en un horno a 1500 grados centígrados aproximadamente (Maldonado, 2021)

2.2.2.1.2 *Composición química del cemento portland*

Según Maldonado (2021) el cemento está compuesto de una mezcla de elementos, por lo que se torna difícil representarlo con una formula química, entre sus componentes tenemos cal, sílice y alúmina. Además, la mayoría de los cementos contienen pequeñas proporciones de óxido de hierro, magnesita, trióxido de azufre y álcalis. Durante el proceso de calcinación en la fabricación del clinker del cemento Portland, el óxido de calcio se mezcla con los componentes ácidos de la materia prima para formar cuatro componentes, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 1: Compuestos químicos que forman el cemento portland (Maldonado,2021)

NOMBRE	FÓRMULA	ABREVIATURA
Silicato tricálcico	3CaO SiO_2	C ₃ S
Silicato dicálcico	2CaO SiO_2	C ₂ S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C ₃ A
Alumino ferrita tetracíclica	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$	C ₄ AF

2.2.2.1.3 Tipos de Cemento Portland

La American Society for Testing and Materials (ASTM) clasifica el cemento portland en cinco tipos. Dichos cementos están elaborados por los mismos materiales básicos, pero sus propiedades se modifican al variar el proporcionamiento de mezcla. El cemento Tipo I es el cemento común que se usa en la mayoría de las obras de construcción, pero hay otros cuatro tipos que son útiles en situaciones especiales en las que se requiere un fraguado rápido o una generación baja de calor, o bien una resistencia mayor a los sulfatos (McCormac & Brown, 2017).

Según la NTP 334.009 (2020) establece algunos requisitos que tienen que cumplir los cementos Portland:

Tipo I: Tipo de cemento más común, también llamado cemento ordinario, utilizado en toda obra donde no se requiere propiedades especiales.

Tipo II: Cemento modificado dirigido a construcciones donde se necesita un moderado calor de hidratación, puede resistir alguna exposición al ataque de los sulfatos.

Tipo III: Se utiliza cuando se requiere un endurecimiento rápido (alta resistencia inicial), su resistencia a los 3 días es similar a la resistencia a los 28 días de un concreto elaborado con cemento Tipo I o Tipo II.

Tipo IV: Es un cemento de bajo calor que produce un concreto que disipa muy lentamente el calor. Se usa en estructuras de concreto de gran tamaño.

Tipo V: Es un cemento usado para concretos que van a estar expuestos a altas concentraciones de sulfatos.

Si el tipo requerido de cemento no está disponible en el mercado, pueden adquirirse varios aditivos con los que las propiedades del cemento Tipo I se modifican para producir las características deseadas.

2.2.2.2 Agregado para el Concreto

Se define como una masa de material, generalmente inerte, que consiste en una combinación de agregados naturales o producidos por trituración de rocas más grandes, que se utiliza junto con pasta de cemento para formar concreto. Los agregados consisten en una fracción fina generalmente conocida como arena, y una fracción gruesa llamada grava o piedra triturada, ocupan las $\frac{3}{4}$ partes del volumen del concreto (entre un 60 y 80%), lo que afecta decisivamente a todas sus propiedades. (Rodríguez Matallana, 2019).

Según NTP 400.011 (2020) son elementos esenciales en el concreto, la calidad de estos materiales depende mucho de su origen, ya que pueden ser naturales o artificiales, son materiales inertes compuestos de minerales, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites de la presente norma, de acuerdo a su granulometría. La composición granulométrica viene determinada por los tamices descritos en la siguiente tabla:

Tabla N°2: Tamices a utilizar para el Análisis granulométrico (NTP 400.011, 2020)

Agregado	Tamices Normalizados
FINO	150 µm (N° 100)
	300 µm (N° 50)
	600 µm (N° 30)
	1,18 mm (N° 16)
	2,36 mm (N° 8)
	4,75 mm (N° 4)
GRUESO	9,50 mm (3/8)
	12,5 mm (½)
	19,0 mm (¾)
	25,0 mm (1)
	37,5 mm (1 1/2)
	50,0 mm (2)
	63,0 mm (2 1/2)
	75,0 mm (3)
	90,0 mm (3 ½)
	100,0 mm (4)

2.2.2.2.1 Agregado fino

De acuerdo a la norma técnica NTP 400.011 (2020) este material se obtiene de la desintegración natural o artificial de la roca volcánica, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 75 mm (No. 200), puede clasificarse en arena fina y arena gruesa tomando en cuenta el módulo de finura, además se debe cumplir con los parámetros establecido en norma técnica NTP 400.037.

Las propiedades del agregado fino dependen del tipo de roca y del requerimiento granulométrico, es de mucha importancia para la manejabilidad del concreto, mejora las características de la mezcla plástica, impide la segregación y permite tener mejores acabados (Ruiz Pérez, 2021)

Tabla N° 3: Requerimiento de granulometría para agregado fino (NTP 400.037, 2018)

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N°.4)	95 a 100
2,36 mm (N°. 8)	80 a 100
1,18 mm (N°. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	5 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

2.2.2.2.2 Agregado grueso

La NTP 400.011 (2020) se denomina agregado grueso a la porción agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4), se considera agregado grueso a la grava, piedra chancada, concreto chancado, concreto reciclado, que cumple los parámetros establecidos en la NTP 400.037 y que se elaboran bajo cumplimiento de la norma ASTM C33.

El agregado grueso tiene influencia directa con la densidad del concreto, en el proceso de fragado se encarga de minimizar las alteraciones de volumen (Ruiz Pérez, 2021)

Tabla N° 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso (NTP 400.037, 2018)

HUSO	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		4" (100mm)	3 1/2" (90mm)	3" (75mm)	2 1/2" (63mm)	2" (50mm)	1 1/2" (37.5mm)	1" (25mm)	3/4" (19mm)	1/2" (12.5mm)	3/8" (9.5mm)	N°4" (4.75mm)	N°8 (2.36mm)	N°16 (1.18mm)	N°50 (300µm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2" a 1 1/2"	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	2" a 1"	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	2" a N°4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	1 1/2" a 3/4"	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	1 1/2" a N°4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	1" a 1/2"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	1" a 3/8"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	1" a N°4	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	3/4" a 3/8"	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	...
67	3/4" a N°4	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	1/2" a N°4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	3/8" a N°8	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5
89	3/8" a N°16	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	N°4 a N°16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

2.2.2.3 Propiedades de los Agregados

Los agregados son los componentes mayoritarios del concreto, sus propiedades deben ser ideales y de acuerdo con las funciones del concreto; las propiedades más importantes y necesarias para realizar la dosificación de materiales son los siguientes: el peso específico, la granulometría, el porcentaje de absorción, contenido de húmedas, el peso unitario suelto y compactado. (Rodríguez Matallana, 2019)

2.2.2.3.1 *El peso específico*

La densidad relativa o también llamada peso específico de los agregados se define como la cantidad de material que ocupa un determinado volumen sin incluir los vacíos, es importante para el proporcionamiento de mezclas y también se toma como un indicador de calidad de los agregados, ya que los valores elevados representan a los materiales que tienen un mejor desempeño mientras que los valores bajos son para áridos débiles y absorbentes. La densidad relativa oscila entre 2.4 y 2.9 en agregados naturales (Villegas Córdova, 2017)

2.2.2.3.2 *Análisis La granulométrico*

La granulometría se define como el estudio de la forma en que se encuentran distribuidas las partículas de los agregados, la medida de la cuantía se le denomina granulometría, consiste en hacer pasar los agregados por una serie de tamices normalizados, para así dividir la muestra en fracciones de tamaños iguales; el resultado de un excelente concreto depende de que las partículas sean de todo tamaño para ocupar todos los espacios, y así sucesivamente, lograr minimizar los vacíos, resultando en una economía para la mezcla (Rodríguez Matallana, 2019).

Del análisis granulométrico se desprende los siguientes conceptos:

- **Tamaño máximo (TM):** Característica del agregado grueso, la cual compete a la obertura del menor tamiz de la serie que permite pasar el 100% de las partículas del

agregado, el tamaño máximo hace referencia a las partículas de mayor tamaño del material. (García Chumacero, 2020)

- **Tamaño máximo nominal (TMN):** Corresponde al tamiz inmediatamente superior al que retenga el 15% o más del material. El TMN es la representación del promedio de los fragmentos más grandes (Rodríguez Matallana, 2019)

2.2.2.3.3 *Módulo de Finura*

De acuerdo con Villegas Córdova (2017) es un parámetro adimensional que nos indica el grosor dominante de un conjunto de partículas, nos sirve para determinar qué tan fino o grueso es un agregado, es el resultado de dividir la suma de porcentajes del material retenido acumulado dividido entre 100. Un agregado fino adecuado su módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1, rango establecido por la NTP 400.037.

2.2.2.3.4 *Porcentaje de absorción*

La absorción es la cantidad de agua que ingresa a un material poroso a través de sus poros permeables. También se refiere al crecimiento de masa debido a la penetración de líquidos en los poros permeables. (Rodríguez Matallana, 2019)

2.2.2.3.5 *El contenido de humedad*

Según Villegas Córdova (2017) es una propiedad que depende totalmente de la porosidad de los áridos, es la proporción de agua contenida en las partículas de los agregados en un momento dado, el contenido de humedad puede ser superior o inferior al porcentaje de absorción, su valor es importante para ver el aporte de agua en el diseño de mezcla, generalmente los áridos se encuentran húmedos y cambian dependiendo del clima, por lo que a menudo es necesario determinar el contenido de humedad para ajustar la dosificación de materiales.

2.2.2.3.6 *Peso unitario*

Según Marcelo Gondra (2019) el peso unitario conocido como peso volumétrico de los agregados y no es más que la relación del peso de una muestra de agregado y el volumen que estas ocupan dentro de un recipiente de volumen conocido, expresándose en kg/m^3 ; de acuerdo con los valores los agregados lo podemos clasificar en liviano, normales y pesados. El peso unitario depende de la compactación del agregado, de la forma y tamaño de las partículas; se clasifican en dos: peso unitario suelto y compactado.

- a) **Peso Unitario Suelto:** colocado en el molde por resultado de la gravedad, el agregado seco se coloca cuidadosamente en una sola capa sin presión, en un recipiente con una profundidad y diámetro especificados, luego se nivela pasando una varilla sobre la superficie. (NTP 400.017, 2020).
- b) **Peso Unitario Compactado:** se coloca en tres capas, cada capa representa un tercio del volumen del recipiente, se apisona con 25 golpes con la varilla compactadora de punta semiesférica de 5/8" de diámetro, este procedimiento se realiza con la segunda y tercera capa (NTP 400.017, 2020).

2.2.2.3.7 *Agua para el Concreto*

Según Cordero Esteves et al, (2019) uno de los componentes más importantes en la producción del concreto, ya que en conjunto con el cemento forman una pasta aglutinante que se encarga de fijar las partículas que la conforman; asimismo el agua determina la fluidez, trabajabilidad, la manejabilidad de la mezcla y las propiedades del concreto endurecido, el control del agua debe ser riguroso para evitar porosidades, de preferencia potable y cumplir con lo requerido por la norma NTP 339.088.

Tabla N° 5: Límites químicos del agua para mezclas (NTP 339.088, 2019).

Sustancias y PH	Límite máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de magnesio	125 ppm
Sales solubles	300 ppm
Sólidos en suspensión	10 ppm
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0.001 ppm
PH	6<PH<8

2.2.3 Propiedades del Concreto Fresco

Según Barriga Sarabia (2021) el concreto fresco es realmente una suspensión concentrada de partículas sólidas (áridos), es un líquido viscoso (pasta de cemento), dentro de sus propiedades tenemos la trabajabilidad, asentamiento, consistencia, exudación, peso unitario y temperatura.

2.2.3.1 Segregación

Rodríguez Matallana (2019) menciona que la segregación es la separación de las partículas gruesas de tal manera que su distribución en la mezcla pierde uniformidad, siendo las principales causas las diferencias en el tamaño, densidad de los materiales y la mala granulometría de los agregados, comúnmente la segregación se puede mostrar de dos maneras. La primera se produce cuando se utilizan mezclas pobres (bajo contenido en cemento) y demasiado secas, donde la falta de cohesión entre las partículas tiende a separarlas. La segunda, a diferencia de la anterior, se da en mezclas muy húmedas, lo que se manifiesta en la separación entre la pasta y los áridos.

2.2.3.2 Trabajabilidad

La trabajabilidad, también conocida como manejabilidad, se puede definir como el grado de facilidad con que el concreto puede mezclarse, transportarse, colocarse, compactarse

y terminarse, sin perder su homogeneidad (que no se segregue ni exude). La trabajabilidad es una combinación de varias propiedades tales la compactibilidad, movilidad, cohesión, consistencia y plasticidad. (Rodríguez Matallana, 2019).

2.2.3.3 Asentamiento

Según Cordero Esteves (2019) el asentamiento también conocido como Revnimiento o Slump, es una medida que guarda una relación directa con la trabajabilidad y consistencia del concreto recién mezclado. Consiste en compactar una muestra de concreto fresco en un molde cónico y luego medir el descenso o asentamiento de la mezcla una vez que se ha desmoldado. Esta prueba está estrechamente vinculada con el grado de fluidez de la mezcla y nos indica qué tan seca o fluida se encuentra cuando está en su estado plástico.

2.2.3.4 Consistencia

La consistencia se define como la movilidad relativa de la mezcla de concreto, medida mediante el asentamiento, por ende se relacionada directamente con la trabajabilidad, dependiendo de la demanda de agua que aumenta a medida que los agregados se vuelven más angulares y gruesos, mientras que disminuye con el tamaño máximo de los áridos bien gradados. (Cordero Estévez et al., 2019).

2.2.3.5 Exudación

Conocida también como sangrado ocurre cuando una porción del agua de la mezcla tiende a ascender hacia la superficie del concreto recién colocado o durante el proceso de fraguado, es un caso muy común de sedimentación donde los sólidos se asientan dentro de la masa plástica, pudiendo ocasionar problemas en el concreto si la velocidad de evaporación es menor que la velocidad de exudación, lo que resulta en la formación de una película de agua; la exudación del concreto se ve afectada por las proporciones de la mezcla y las características del material, especialmente la angularidad y la gradación del agregado fino, este fenómeno está

regido por las leyes físicas del movimiento de fluidos en un sistema capilar, considerando la viscosidad y las diferencias de densidad (Rodríguez Matallana, 2019)

2.2.3.6 Temperatura

Es necesario que la temperatura del concreto fresco esté equilibrada para evitar que afecte sus propiedades, especialmente el asentamiento y el contenido de aire, por lo tanto, es recomendable verificarla, en situaciones de altas temperaturas se necesitará agregar más agua a la mezcla para mantener un asentamiento específico; la temperatura del concreto fresco está influenciada por el calor liberado durante la hidratación del cemento, así como por la contribución de cada material con su propio calor específico y masa. (Sánchez de Gusmán, 2016).

La temperatura es uno de los factores más importantes para el desarrollo de la resistencia del concreto; un aumento en la temperatura acelera el proceso de maduración de la mezcla. La temperatura no debe exceder los 32°C, por lo que si es mayor se debe encontrar una forma de enfriar el agua y mantener la temperatura por debajo de este límite establecido y durante el curado debe mantenerse por encima de los 10°C (García Chumacero, 2020)

2.2.3.7 Peso unitario del concreto

El peso unitario del concreto está directamente relacionado con la forma y distribución de las partículas de sus componentes, al igual que en otros materiales, se define como la cantidad de masa por unidad de volumen y generalmente se expresa en kg/m^3 . El concreto convencional tiene un rango de peso unitario que va desde 2000 a 2600 kg/m^3 , dependiendo de factores como la densidad de los áridos, la cantidad de aire atrapado y la relación agua-cemento, estos, a su vez, son influenciados por el tamaño máximo de los agregados. (Rodríguez Matallana, 2019)

El concreto se clasifica según su peso unitario, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 6: Clasificación del Concreto Según su Peso Unitario (Rodríguez Mantilla,2019).

Peso unitario (kg/m³)	Descripción
500 - 2000	Concreto Ligero
2000 - 2600	Concreto Normal (Convencional)
> 2600	Concreto Pesado

2.2.4 Propiedades del Concreto endurecido

El concreto es un material que experimenta un endurecimiento gradual, pasando de un estado plástico a sólido a medida que transcurre el tiempo, este proceso implica una cadena compleja de acciones físico-químicas; a lo largo de este proceso, el concreto desarrolla una serie de características que son fundamentales en la construcción, como la resistencia, durabilidad, estabilidad de volumen, resistencia al fuego, entre otras (Rodríguez Matallana, 2019).

2.2.4.1 Curado

Es un proceso que se lleva a cabo con el propósito de mantener las condiciones adecuadas de humedad y temperatura en una mezcla de cemento recién colocada, de esta manera se permite la hidratación del cemento hidráulico y las reacciones puzolánicas, lo que facilita el desarrollo de las propiedades de la mezcla. Además, estas medidas buscan prevenir la contracción del fraguado hasta que el hormigón alcance una resistencia mínima que le permita soportar las fuerzas aplicadas sobre él (NTP 339.047, 2019).

2.2.4.2 Resistencia a Compresión

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica esencial del concreto y se define como su capacidad máxima para soportar una carga sin experimentar fallas o fracturas, es decir, cuando la fuerza aplicada alcanza su valor máximo. El concreto es ampliamente

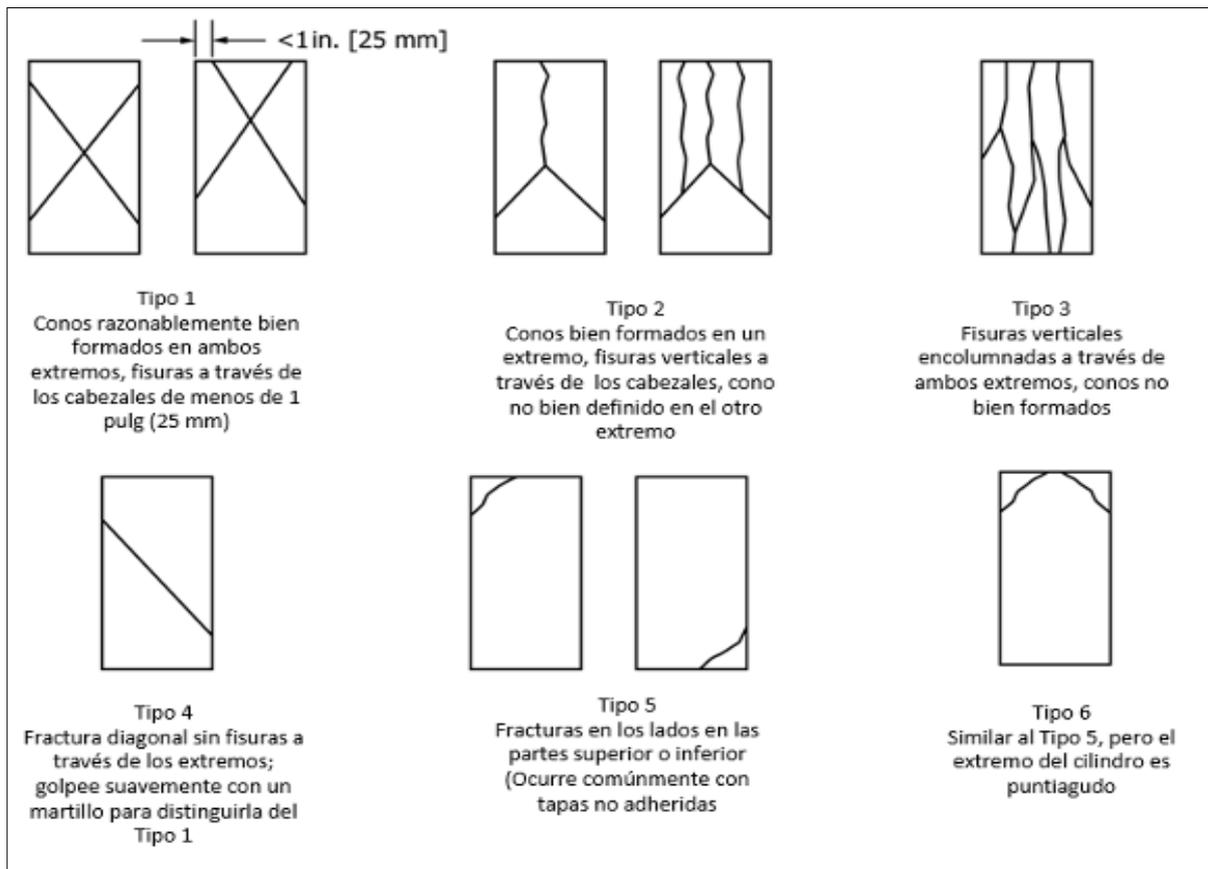
reconocido por su alta resistencia a los esfuerzos de compresión, esta característica es comúnmente utilizada para el diseño y control de calidad del material, por lo general la resistencia a la compresión se expresa en unidades como kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), megapascuales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg^2 o psi) a los 28 días de edad. (Rodríguez Matallana, 2019).

Según la NTP 339.034 (2021) todos los cilindros de ensayo para una edad específica se rompen dentro del tiempo permitido de tolerancia. Además, hay 6 tipos de fracturas que se detallan a continuación:

Tabla N° 7: Edades de ensayo y tolerancias permisibles (NTP 339.034,2021)

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0,5$ h ó 2,1 %
3 d	± 2 h ó 2,8 %
7 d	± 6 h ó 3,6 %
28 d	± 20 h ó 3,0 %
90 d	± 48 h ó 2,2%

Figura N°1: Esquema de los Modelos de Fractura Típicos. (NTP 339.034, 2021)



2.2.4.3 Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión también conocida como módulo de rotura o resistencia flexural, se refiere al esfuerzo máximo que un cuerpo puede soportar al aplicarle una carga a lo largo de su eje longitudinal, es una medida directa de la resistencia a la tracción y se considera un factor determinante de la calidad del concreto utilizado para pavimentos (Masías Mogollón, 2018)

Según Avellaneda Sánchez (2019) el módulo de rotura es una medida de la resistencia a la falla de vigas o losas de concreto sin refuerzo. Se calcula aplicando carga a una viga de concreto con una sección transversal de 6 x 6 pulgadas (15 cm x 15 cm) y una longitud mínima de 3 veces la sección transversal, la determinación del módulo de rotura se realiza utilizando los métodos de ensayo detallados en la NTP 339.078 (ASTM C78) cuando la carga se aplica

en los tercios de la luz o la NTP 339.079 (ASTM C293) cuando la carga se aplica en el punto medio. El módulo de rotura generalmente oscila entre el 10% y el 20% de la resistencia a compresión del concreto y se expresa en unidades de megapascuales (MPa), kilogramos por centímetro cuadrado o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg² o psi).

2.2.5 Concretos Reforzados con Fibras

En los últimos años, ha surgido un importante interés en el concreto reforzado con fibras y en la actualidad hay una gran cantidad de investigaciones en desarrollo sobre este tema, estas fibras utilizadas están fabricadas con materiales como acero, plásticos, vidrio, entre otros. Diversos experimentos han evidenciado que al incorporar estas fibras en cantidades adecuadas (generalmente hasta aproximadamente el 1% o 2% por volumen) en concretos convencionales, pueden lograr una significativa mejora en sus propiedades (McCormac & Brown, 2017).

2.2.6 Fibras

Hoy en día el uso de fibras como refuerzo para el concreto ha aumentado significativamente tanto en el diseño como en la elaboración de mezclas. Sin embargo, esta técnica no es nueva en el mundo de la construcción; de hecho, se remonta a años antes de la aparición del cemento portland y el concreto, en aquellos tiempos se empleaban materiales como pastos, hilos, varas e incluso pelo de animales, que se agregaban al adobe para evitar grietas o fisuras y mejorar la resistencia a la tensión, sin embargo, con el avance de la tecnología en la industria de la construcción, se ha logrado desarrollar fibras a partir de diversos materiales, especialmente aquellos altamente resistentes a álcalis, como el polipropileno, polietileno, acero, carbono, aluminio, entre otros (Barriga Sarabia, 2021)

2.2.7 Aluminio

El aluminio es un metal muy ligero y uno de los materiales más comunes en la corteza terrestre. Es un metal con excelentes propiedades que lo convierten en un material

especialmente adecuado para la construcción. Sus propiedades físicas, como ligereza, fortaleza, durabilidad, maleabilidad y resistencia a la corrosión ofrecen a los elementos y sistemas constructivos grandes ventajas en la fabricación e infinidad de usos. (Barriga Sarabia, 2021)

2.2.8 Características del Aluminio

Según Vásquez & Guevara (2017) El aluminio es un metal no ferroso, uno de los metales más utilizado en el mundo, lo que demuestra su importancia en la industria moderna. Su uso se debe a muchas características, tales como:

- Es uno de los metales más abundante sobre la corteza terrestre; su peso específico es de 2.71 Gramos/cm³, tres veces más liviano que el acero, el cobre o el zinc, y cuatro veces más liviano que el plomo.
- Su alta conductividad eléctrica lo hace rival número uno del cobre, y siendo el aluminio tres veces más liviano, lo hace doblemente más económico.
- No se corroe, es reflectivo y buen conductor térmico; no es magnético, ni tóxico al organismo humano; se puede fundir, inyectar, maquinar, laminar, forjar, extruír y soldar, además de ser 100% reciclable.
- En la actividad edificadora, el aluminio es el metal más usado en formas de perfiles, tanto por su alta resistencia mecánica como por los diferentes acabados que se le pueden dar a sus superficies, tales como anodizado natural y en color.

2.2.9 Viruta

Las virutas son fragmentos de material metálico u madera en forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante encapillo u otras herramientas, tales como brocas, el torno, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforaciones. Se suele considerar un residuo de las industrias madereras o metalúrgica; sin embargo, tiene variadas aplicaciones y usos (García Chumacero, 2020)

2.2.10 Viruta de aluminio

Se entiende por virutas de aluminio los restos de fragmentos de aluminio en forma de láminas curvas o espirales, que son procesadas con cepillo u otras herramientas como tornos, fresadoras, taladros, etc. Tienen un componente especial de aprovechamiento que tiene como finalidad dar una segunda vida útil. A nivel económico, teniendo en cuenta sus condiciones de peso, al ser virutas es todavía menor, resulta más ahorrativo y módico (Vásquez & Guevara, 2017).

2.2.11 Aluminio en el concreto

El crecimiento de la población ha aumentado significativamente los tipos y cantidades de desechos generados por la industria, las fábricas, las empresas, los sectores de vivienda e infraestructura. Por esta razón, es necesario desarrollar tecnologías para convertir diversos materiales de desecho en materias primas utilizables de bajo costo y utilizarlas en la fabricación de cemento y concreto. Sin embargo, antes de utilizar residuos de aluminio en la producción de hormigón celular o como sustituto parcial del cemento o del árido fino, se debe caracterizar adecuadamente la escoria y conocer la actividad química del aluminio contenido. (Lemos Micolta et al, 2022).

2.2.12 Porcentajes de viruta de aluminio en el concreto

García Chumacero (2020) en su investigación menciona que los porcentajes menores al 3.5% de adición de viruta de aluminio tiene un mejor funcionamiento en el concreto que los porcentajes más altos; ya que los porcentajes mayores al 3.5% le quitan adherencia a la mezcla de concreto.

2.2.13 Dosificación de materiales

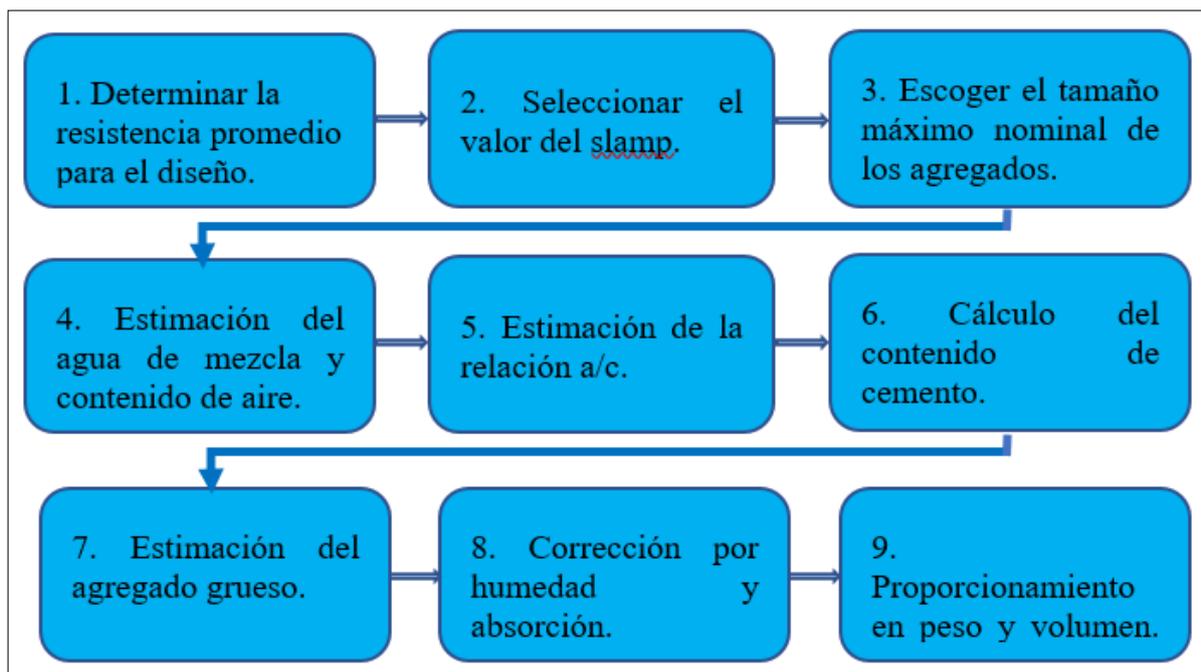
La dosificación es la proporción más adecuada y racional de todos los componentes que constituyen el hormigón, como el cemento, el agregado grueso, el agregado fino, el agua y los

aditivos. Para llevar a cabo la dosificación de manera efectiva, es crucial considerar los siguientes criterios: la resistencia, la consistencia y el tamaño máximo del agregado (Cánova Valladolid, 2021).

El Instituto Americano del Concreto (ACI) ha propuesto un método que explica los pasos para obtener una aproximación inicial de las proporciones en el diseño del concreto, considerando la trabajabilidad, durabilidad y resistencia a la compresión requeridas para el elemento y las condiciones de construcción. Una vez determinada esta dosificación inicial, se procede a confirmarla mediante mezclas de prueba en el laboratorio y, en caso necesario, realizar ajustes para obtener el concreto con las características deseadas. (Cánova Valladolid, 2021)

El método ACI 211 se utiliza para calcular la cantidad de insumos necesarios para crear una mezcla de concreto. Este método se fundamenta en tablas derivadas de pruebas de laboratorio realizadas en los agregados. Estas tablas nos proporcionan información sobre los valores de los materiales que componen un metro cúbico de concreto (Solier Guevara, 2020)

FiguraN° 2: Método de diseño ACI 211.



2.3 Especímenes de concreto

Son muestras de concreto u mortero que se usa generalmente para comprobar las resistencias del material, se suelen tomar varias muestras para una investigación según la norma ASTM C39 se debe ensayar como mínimo 2 especímenes por cada tipo de concreto; en la presente investigación se realizaron 6 por cada tipo para tener un mejor análisis no probabilístico.

2.4 Definición de Términos Básicos

- ✓ **Concreto:** Es una mezcla de material aglomerante producto de la combinación de una pasta (agua y cemento) junto con agregados (finos y gruesos). En el concreto normal los medios aglomerantes más comúnmente utilizados son el cemento Pórtland y el agua, pero también pueden incluir puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. (NTP 339.047, 2019)
- ✓ **Resistencia Mecánica:** Es una de las propiedades fundamentales del concreto en estado sólido que le permite soportar cargas, depende de la adherencia de los materiales que lo componen, de las propiedades individuales de los agregados y la pasta (cemento y agua) (Triana Waldrón, 2021)
- ✓ **Resistencia a la compresión:** Se define como su capacidad para soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo. Esta medida suele expresarse en unidades como kg/cm², MPa y ocasionalmente en libras por pulgada cuadrada (psi) (Sánchez de Gusmán, 2016).
- ✓ **Resistencia a la flexión:** Es la capacidad que tiene el concreto de soportar cargas aplicadas sobre su eje longitudinal, la Norma Técnica Peruana NTP 339.078 (2017) establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión de vigas simplemente apoyadas.

- ✓ **Viruta de aluminio:** se define como aquel material de aluminio que se genera partir de los matizados, cepillados u otras herramientas, tiene forma de lámina curva o espiral. (García Chumacero, 2020)

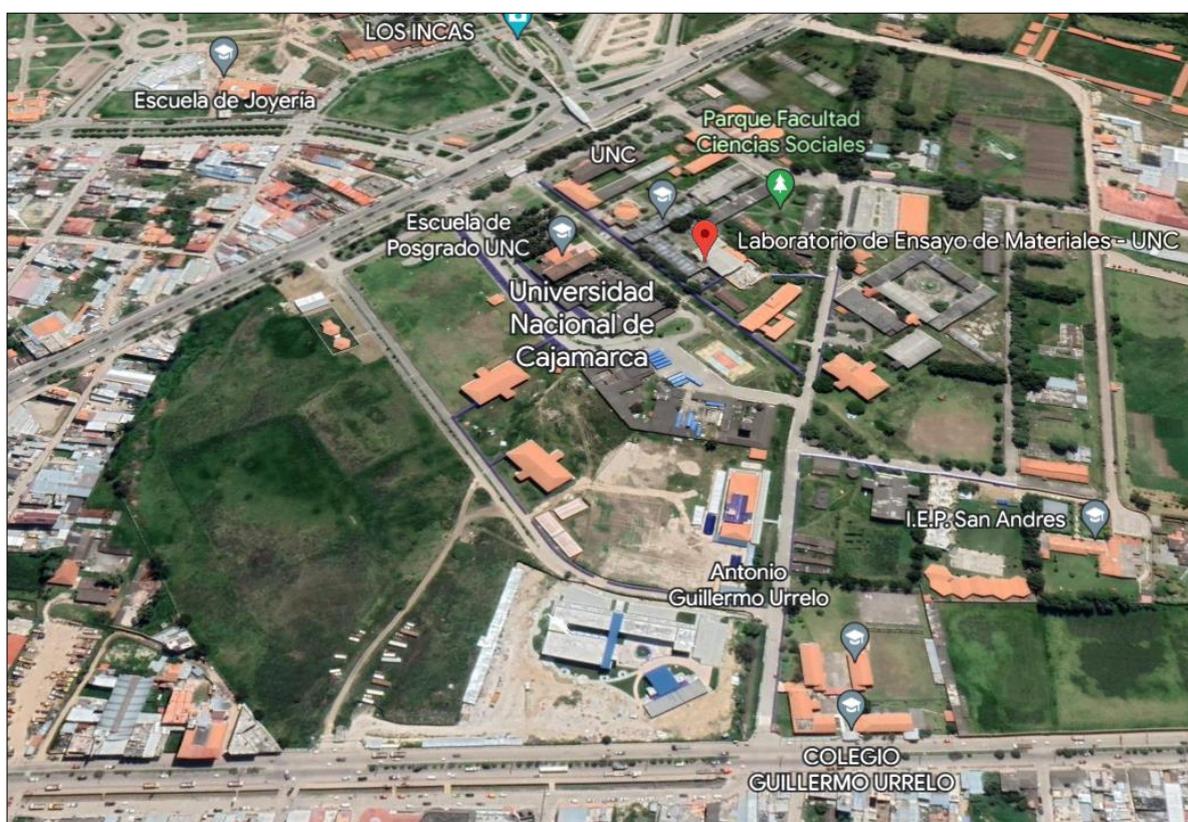
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Localización del Proyecto

3.1.1 Ubicación Geográfica de la Investigación

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Cajamarca aplicada específicamente en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada Av. Atahualpa N.º 1050, Cajamarca, Perú.

Figura N° 3: Ubicación geográfica del lugar de investigación (Google Earth Pro)



3.1.2 Ubicación Geográfica del Origen de los Agregados

Los agregados usados en el presente estudio provienen de la cantera “La Ramona”, ubicada en el río Condebamba, hacia el lado izquierdo de la progresiva km 1209+370 de la Carretera longitudinal de la Sierra, en el Distrito Condebamba, Provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca. Sus coordenadas UTM son 9162045.82 N, 815108.09 E y una altitud de 2089 msnm.

Figura N° 4:Ubicación geográfica de la cantera “Doña Ramona” (Google Maps)



3.2 Tiempo y Época de la Investigación

Esta investigación se desarrolló entre octubre de año 2022 a julio del año 2023.

3.3 Metodología de la investigación

3.3.1 Tipo, Nivel, Diseño y Metodología de la Investigación

3.3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación de la presente es aplicativa y de corte transversal.

3.3.1.2 Nivel de investigación

Correlacional.

3.3.1.3 Diseño de la investigación

Por la naturaleza de las variables es una investigación de diseño experimental.

3.3.1.4 Enfoque de la investigación

Cuantitativo.

3.3.2 Variables

Variable independiente

X1: Adición de la Viruta de Aluminio.

Variable dependiente

Y1: Resistencia Mecánica del concreto (Resistencia a la compresión y flexión)

3.3.3 Población de Estudio

Conjunto de especímenes de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con diferentes adiciones de viruta de aluminio.

3.3.4 Muestra

Se elaboraron probetas de concreto patrón (sin adición) y probetas de concreto con la adición de viruta de aluminio de 0.5%, 1.5% y 3% con relación al peso de cemento de mezcla, para evaluar la resistencia mecánica (resistencia a la compresión y Flexión) de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se realizaron 6 especímenes por cada adición las cuales se sometieron a ensayos a los 7 y 28 días de edad.

Tabla N° 8: Número de Muestras Ensayadas

ESPECÍMENES		FACTOR DE ANALIS			
		CONCRETO PATRON	CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ALUMINIO		
DOCIFICACIÓN		Sin viruta de Aluminio	0.5%	1.5%	3.0%
Resistencia a la compresión (kg/cm2)	7 días	6	6	6	6
Resistencia a la compresión (kg/cm2)	28 días	6	6	6	6
Resistencia a la flexión (kg/cm2)	7 días	6	6	6	6
Resistencia a la flexión (kg/cm2)	28 días	6	6	6	6

Se tomo como muestras 96 especímenes para comparar su resistencia a flexión y compresión.

3.3.5 Unidad de Análisis

Influencia de la adición de viruta de aluminio en la resistencia mecánica del concreto

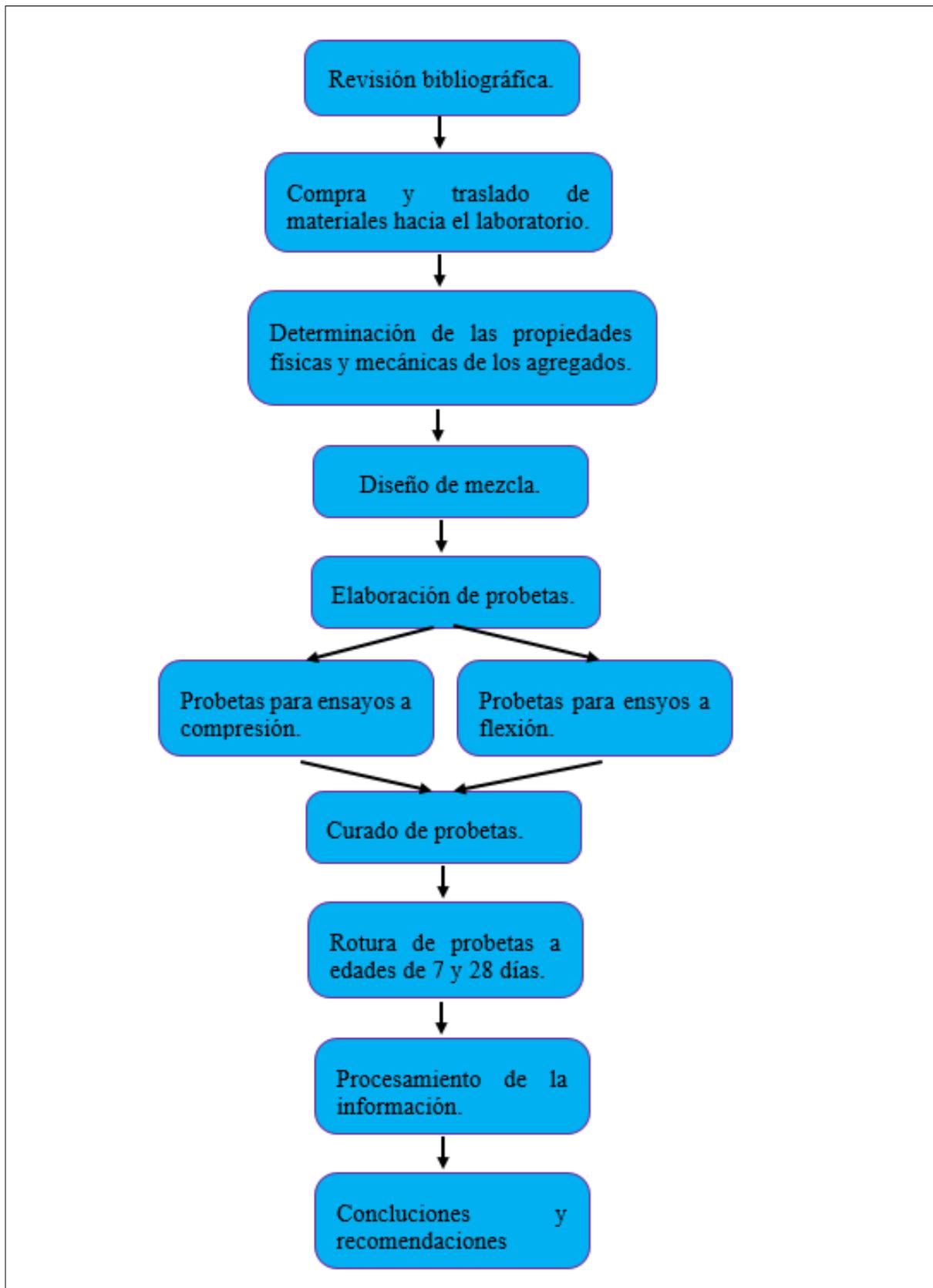
3.3.6 Unidad de observación

Probetas de concreto

3.4 Procedimiento de la investigación

Para lograr el objetivo en la presente investigación nos planteamos el siguiente diagrama.

Figura N°5: Procedimiento de la Investigación



3.5 Procedimiento de los ensayos de la investigación

3.5.1 Propiedades de los Agregados

3.5.1.1 Peso específico y absorción del agregado grueso

a) Normativa de ensayo

NTP 400.021 MTC E206 / ASTM C127

b) Procedimiento

- La muestra fue lavada para eliminar impurezas y polvo de la superficie de las partículas.
- Luego la muestra de ensayo se secó en una estufa hasta alcanzar una masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Se enfría la muestra a temperatura de ambiente por un periodo de h a 3 h.
- Posteriormente el agregado se sumerge en agua a temperatura ambiente, durante un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.
- Se retiró la muestra del agua y hizo rodar sobre un paño absorbente grande, hasta que se eliminaron todas las partículas visibles de agua.
- se determinó la masa de la muestra de ensayo, en la condición de superficie saturada seca.
- Luego se determinó la masa en aire, se colocó inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en la cesta de alambre y se determinó su peso aparente en el agua.
- Finalmente se secó la muestra de ensayo en la estufa hasta alcanzar una masa constante, a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se enfrió a temperatura ambiente y determinar la masa.

c) Cálculo

Peso específico de masa (P.e)

$$P.e. = \frac{A}{B-C}$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca (P.e. S.S.S)

$$P.e.s.s.s. = \frac{B}{B-C}$$

Peso específico nominal o aparente (P.e.a.)

$$P.e.a. = \frac{A}{B-C}$$

Porcentaje de Absorción (A.b.)

$$P.e.a. = \frac{B-A}{A}$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno en gramos.

B: Peso en el aire de la muestra secada con superficie seca en gramos.

C: Peso en el agua de la muestra saturada en gramos.

3.5.1.2 Peso Específico y absorción del agregado fino

a) Normativa de ensayo

MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022.

b) Procedimiento

- En el frasco se dispuso una cantidad de $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ de agregado fino saturado y seco superficialmente, seguido de un llenado de agua casi hasta la marca de 500 cm^3 .

- Luego, se procedió a agitar el frasco para eliminar cualquier burbuja de aire y se ajustó la temperatura del frasco y su contenido a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Transcurrida una hora, se completó el nivel de agua hasta alcanzar la marca de 500 cm^3 , y se determinó el peso total del picnómetro, del espécimen y el agua.
- Posteriormente, se retiró el agregado fino del frasco, se secó en el horno hasta alcanzar una masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, y se enfrió a temperatura ambiente antes de pesarlo.

c) Cálculo

Peso específico de masa (Pe)

$$P. e = \frac{W_0}{V - V_a}$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca (P.e.s.s.s)

$$P. e. s. s. s = \frac{W_0}{V - V_a}$$

Peso específico nominal o aparente (P.e.a)

$$P. e. a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)}$$

Porcentaje de Absorción

$$Ab = \frac{500 - W_0}{W_0} * 100$$

Donde:

Wo: Peso en el aire de la muestra secada al horno en gramos.

V: Volumen del frasco (cm^3).

Vo: Peso en gramos o volumen (cm^3) del agua añadida al frasco.

3.5.1.3 Análisis granulometría

a) Normativa de ensayo

NTP 400.012/ MTC E204 / ASTM C136.

b) Procedimiento

- Se procedió a pesar la muestra requerida y se secó en la estufa a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta lograr que dos pesadas consecutivas, con una hora de intervalo entre ellas, no difirieran en más del 0.1%.
- A continuación, se colocó la muestra en mallas que fueran más finas que el juego de tamices y se procedió al tamizado de forma manual, evitando presionar las partículas con la mano para que pasaran a través del tamiz.
- El proceso de tamizado se consideró completo cuando, después de un minuto, no pasó más del 1% del material retenido en el tamiz.

c) Cálculo

Se calcularon los porcentajes de material que pasa, los porcentajes totales retenidos y los porcentajes individuales sobre cada tamiz.

3.5.1.4 Módulo de Finura

El módulo de finura se calcula a partir del análisis granulométrico, sumando los porcentajes acumulados que se retienen en los tamices de 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100. Luego, esta suma se divide entre 100.

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. acum. (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

3.5.1.5 Tamaño máximo nominal (TMN)

Según la norma técnica peruana NTP 400.037 (2018) el tamaño máximo nominal es aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que retiene entre un 5% y un 10% del material.

3.5.1.6 El contenido de humedad

a) Normativa de ensayo

NTP 339.127/MTC E 108 /ASTM D2216.

b) Procedimiento

- Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado, y se determinó el peso total (peso del recipiente + muestra húmeda).
- Posteriormente, se llevó el recipiente con la muestra húmeda a una estufa para que se seque durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Finalmente, se pesó el recipiente con la muestra seca (peso del recipiente más muestra seca).

c) Cálculo

Cálculo de la cantidad de agua evaporada

$$\%W = \frac{H}{MS} * 100$$

Donde:

H: Peso del agua evaporada

MS: peso de muestra seca

% W: Porcentaje de Humedad

3.5.1.7 Peso unitario

a) Normativa de ensayo

NTP 400.017 / MTC E203 / ASTM C29

b) Procedimiento

Peso unitario compactado

- Se llenó el recipiente hasta un tercio de su capacidad total y se niveló la superficie con la mano, luego se compacta la muestra utilizando una barra compactadora, aplicando 25 golpes uniformemente distribuidos sobre la superficie.
- A continuación, se llenó el recipiente hasta dos tercios de su capacidad total, se niveló nuevamente y se compactó de la misma manera que en el primer tercio.
- Finalmente, se llenó el recipiente hasta rebosar y se aplicaron 25 golpes con la barra compactadora, se enraza con la barra compactadora y se descarta el material sobrante.

Peso unitario suelto

- Se llenó el recipiente utilizando una pala o cucharón hasta que rebosara desde una altura no mayor a 5 cm por encima del borde superior del recipiente, se tomaron precauciones para evitar la segregación de las partículas.
- Se eliminó el exceso de agregado con una reglilla y se determinó el peso neto del agregado.

c) Cálculo

El cálculo del peso unitario suelto y compactado se realiza según la siguiente fórmula:

$$PU = (W_s) \times f$$

Donde:

PU = Peso Unitario.

W_s = Peso Neto del Agregado

B = factor f (se obtiene dividiendo unitario del agua (1000 Kg/m³) por el peso del agua para llenar el recipiente.

3.5.1.8 Porcentaje que pasa el tamiz N°200

a) Normativa de ensayo

NTP 400.018/ MTC E 202.

b) Procedimiento

- La muestra de ensayo se secó en una estufa a una temperatura de 110 °C ± 5 °C, después de secarla y determinar su masa, se colocó en el recipiente y se agregó suficiente agua para cubrirla.
- A continuación, se agitó la muestra vigorosamente con el fin de separar por completo todas las partículas más finas que el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200) de las partículas gruesas.
- Finalmente, el agregado lavado se secó hasta obtener un peso constante a una temperatura de 110 °C ± 5.

c) Cálculo

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} * 100$$

Donde:

A = Porcentaje del material fino que pasa por el tamiz 75 µm (N° 200) por lavado.

P1 = Peso seca de la muestra original (gr)

P2 = Peso seca de la muestra después del lavado (gr)

3.5.2 Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla utilizado en esta investigación se llevó a cabo mediante el método ACI, el diseño se realizó para una resistencia $f'c = 210\text{kg/cm}^2$. Para lo cual tomamos en cuenta los siguientes datos generales:

a) Cemento

- Cemento portland tipo I
- $P_e = 3.11\text{ g/cm}^3$
- $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$
- $P_e\text{ agua} = 1000\text{kg/m}^3$
- Slump = 3" a 4"

b) Agregado

- Se determino las características de los agregados tanto fino como grueso fueron obtenidos de la cantera Daña Ramona.

c) Procedimiento del de diseño de mezclas de concreto

- Determinar la Resistencia Promedio para el Diseño
- Determinar el Asentamiento
- Relación agua-cemento (a/c)
- Cálculo de la Cantidad de agua de Mezclado y Aire
- Determinar el Cemento
- Cálculo del aire atrapado
- Determinar la cantidad de agregado grueso
- Cálculo del volumen absoluto de concreto para hallar el agregado fino de los materiales por m^3
- Corrección por humedad

- Corrección por absorción
- Agua efectiva
- Diseño teórico húmedo
- Proporciones en peso
- Proporciones en volumen
- Se calculó los pesos por tanda

3.5.3 *Elaboración de especímenes de concreto*

a) Normativa

ASTM C192/ NTP 3339.183

b) Procedimiento

Se colocó en la mezcladora los materiales en el siguiente orden:

- Agregado grueso
- Un porcentaje de agua del total
- Agregado fino
- Cemento
- El agua restante
- Una vez obtenida la mezcla procedimos a hacer la prueba del slump con el cono de abrams, así poder saber el nivel de asentamiento que tiene la mezcla colocando la mezcla en 3 niveles y por cada nivel varillamos 25 veces.
- Por último, colocamos la mezcla en los moldes teniendo en cuenta el varillado y los golpecitos por cada capa.

3.5.4 Curado de probetas

a) Normativa

ASTM C192/ NTP 3339.183

c) Procedimiento

- Cuando la mezcla ha endurecido, aproximadamente 24 horas después, se realiza el desmolde de las muestras.
- luego se procedió con el curado húmedo, es decir, las muestras de prueba se colocaron en un pozo con agua, la cual se mantiene en toda la superficie en todo momento.

3.5.5 Peso unitario del concreto

d) Normativa de ensayo

NTP 339.046.

a) Procedimiento

- La mezcla de concreto se colocó en el recipiente de medición en tres capas de aproximadamente igual volumen. Para cada capa, se aplicaron 25 golpes de la barra compactadora distribuidos de manera uniforme sobre la sección transversal del recipiente.
- En la segunda y tercera capa, la barra compactadora se hundió aproximadamente 25 mm en la capa subyacente.
- Después de compactar cada capa, se golpearon los lados del recipiente con un martillo de goma de 10 a 15 veces, aplicando la fuerza adecuada para cerrar cualquier poro causado por el apisonado con la barra y eliminar las burbujas grandes de aire atrapadas.

b) Cálculo

$$\text{Peso Unitario del concreto} = \frac{\text{Peso del total} - \text{peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

3.5.6 Resistencia a compresión

a) Normativa de ensayo

NTP 339.034 / MTC E704/ ASTM C39.

b) Procedimiento

- Los especímenes fueron sometidos a ensayos a los 7 y 28 días.
- En primer lugar, se retiran los especímenes del pozo con agua.
- Se limpian las caras de contacto del bloque superior e inferior de la máquina universal, así como las caras de las probetas a ensayar.
- Se colocan las placas de neopreno en la superficie inferior y superior del espécimen.
- Luego se alinean cuidadosamente los ejes del espécimen con el centro de empuje de la rótula del bloque de asiento esférico.
- Antes de ensayar el espécimen, se verifica que el indicador de carga esté en cero.

c) Cálculo

Resistencia a compresión se calcula con la siguiente formula.

$$f'c = \frac{P}{A} \left(\frac{kg}{cm^2} \right); \text{ donde } A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

Donde:

f'c: Resistencia de rotura a la compresión del concreto (kg/cm^2)

P: Carga de rotura (Kg).

ϕ : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

3.5.7 Resistencia a flexión

a) Normativa de ensayo

NTP 339.078

b) Procedimiento

- Los especímenes se ensayan a los 7 y 28 días.
- Se gira el espécimen sobre uno de los lados en relación con su posición de moldeado.
- Luego se centra sobre los bloques de apoyo, y se ajusta el sistema de cargas para que entre en contacto con la superficie de la muestra en los tercios de la luz de la viga y aplicar la carga.

c) Cálculo

De acuerdo con la norma NTP 339.078 (2017) Si la falla ocurre dentro del tercio de luz, el módulo de rotura de los especímenes a flexión lo determinamos, mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

P: Carga Máxima kg

L: Luz libre entre apoyos cm

b: Distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano en cm

h: Altura promedio del espécimen en el lugar de la fractura en cm.

Mr: Módulo de Rotura Kg/cm²

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas de estudio

La información recopilada en la investigación se obtuvo mediante la observación directa de los ensayos realizados en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se empleó el método cuantitativo para medir las variables relacionadas con las propiedades mecánicas del concreto. Se utilizaron una balanza, tamices y una máquina universal para pruebas de compresión y flexión. Todos los ensayos se llevaron a cabo siguiendo las Normas NTP, MTC Y ASTM.

3.6.2 Instrumentos de estudio

Después que se realizaron los ensayos en el laboratorio los resultados obtenidos fueron procesados en a través de Microsoft Excel utilizando tablas, figuras, gráficos para facilitar la comparación entre en concreto patrón de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y en concreto adicionado con viruta de aluminio.

3.6.3 Presentación de resultados

La presentación de resultados obtenidos en el laboratorio tanto para las propiedades de los agregados, diseño de mezcla y las propiedades del concreto (fresco y endurecido) se presentas a través de tablas y figuras.

3.6.3.1 Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

En la Tabla N° 9 se muestra un resumen de las propiedades tanto para el agregado fino como para el agregado grueso extraídos de la cantera "Doña Ramona".

Tabla N°9: Propiedades de los agregados de río (Cantera Doña Ramona).

PROPIEDADES	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Tamaño máximo nominal	.....		3/4"	
Peso específico de masa	2.62	g/cm ³	2.62	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.66	g/cm ³	2.65	g/cm ³
Peso específico aparente	2.72	g/cm ³	2.70	g/cm ³
Peso unitario suelto	1618	kg/m ³	1396	kg/m ³
Peso unitario compactado	1768	kg/m ³	1535	kg/m ³
Contenido de humedad	5.34	%	0.42	%
Absorción	1.29	%	1.14	%
Módulo de finura	3.02		6.85	
Abrasión	...		27.00	%
% Que pasa malla N° 200	2.51	%	0.20	%

3.6.3.2 Resultados del diseño de mezcla

En las Tablas N° 10, N° 11 y N° 12 se presenta los materiales necesarios para un metro cubico de concreto (materiales de diseño, corregidos por humedad y corregidos por humedad más la adición de la viruta de aluminio).

Tabla N° 10: Materiales de diseño necesarios para metro cubico de concreto $f'c=210$ Kg/cm².

MATERIALES DE DISEÑO		
Cemento	332.2	Kg
Agua de diseño	205.0	Lt
Agregado fino seco	900.0	Kg
Agregado grueso seco	851.0	Kg
Aire total	2.0	%

Tabla N° 11: Materiales corregidos necesarios para metro cubico de concreto $f'c=210$ Kg/cm².

MATERIALES CORREGIDOS		
Cemento	332.2	kg
Agua efectiva	174.7	Lt
Agregado fino húmedo	948.0	kg
Agregado grueso húmedo	855.0	kg
Aire total	2.0	%

Tabla N° 12: Materiales Corregido para un metro cúbico de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ con adiciones de viruta de aluminio.

MATERIALES CORREGIDOS	PORCENTAJE DE VIRUTA DE ALUMINIO			
	0%	0.50%	1.50%	3%
Cemento (kg)	332.2	332.2	332.2	332.2
Agua efectiva (Lt)	174.7	174.7	174.7	174.7
Agregado fino húmedo (kg)	948.0	948.0	948.0	948.0
Agregado grueso húmedo (kg)	855.0	855.0	855.0	855.0
Aire total (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
Viruta de aluminio (kg)	0	1.66	4.98	9.96

3.6.3.3 Resultados de las Propiedades del concreto Fresco

Se registraron el asentamiento, el peso unitario y la temperatura del concreto fresco tanto en el concreto patrón como en el concreto con la adición de viruta de aluminio

3.6.3.3.1 Asentamiento del concreto fresco

Se determinó en asentamiento para el concreto en estado fresco de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ tanto para el concreto patrón como para el concreto con adición de viruta de aluminio en diferentes porcentajes.

Tabla N° 13: Asentamiento del concreto

Adición de viruta de Aluminio (%)	Asentamiento		
	cm	Pulgadas	Variación
CP + 0 % de V.A	10.20	4.0	
CP + 0.5% de V.A	9.40	3.7	-7.8%
CP + 1.5% de V.A	9.00	3.5	-11.8%
CP + 3% de V.A	7.90	3.1	-22.5%

3.6.3.3.2 Peso unitario del concreto fresco

El peso unitario del concreto en estado fresco se realizó tomado dos muestras para el concreto patrón y dos muestras para cada adición de viruta de aluminio.

Tabla N° 14: Peso Unitario del del concreto en estado fresco.

Adición de viruta de Aluminio (%)	Muestra	Peso unitario (kg/m3)	Peso unitario Promedio (kg/m3)	Variación
CP + 0 % de V. A	M1	2392.783	2390.199	
	M2	2387.614		
CP + 0.5% de V. A	M3	2383.685	2381.824	-0.35%
	M4	2379.963		
CP + 1.5% de V. A	M5	2378.412	2379.756	-0.44%
	M6	2381.100		
CP + 3% de V. A	M7	2377.688	2373.346	-0.71%
	M8	2369.003		

3.6.3.3.3 *Temperatura del Concreto fresco*

La temperatura del concreto fresco se registró utilizando un termómetro al momento de verter la mezcla en los moldes, tanto para el concreto patrón como para el concreto con la adición de viruta de aluminio.

Tabla N° 15: Temperatura del concreto en estado fresco

Adición de viruta de Aluminio (%)	Temperatura	
	Celsius (°C)	Variación
CP + 0 % de V. A	19.80	
CP + 0.5% de V. A	19.70	-0.5%
CP + 1.5% de V. A	19.80	0.0%
CP + 3% de V. A	19.60	-1.0%

3.6.3.4 Resultados del concreto endurecido

Se determinó el peso unitario para cada muestra cilíndrica, y también se realizaron pruebas de flexión y compresión a los 7 y 28 días de edad de las muestras.

3.6.3.4.1 *Peso unitario del concreto en estado endurecido*

La Tabla N° 16 se muestran los resultados del peso unitario del concreto en estado endurecido, tanto para el concreto patrón como para el concreto adicionado con viruta de aluminio.

Tabla N° 16: Peso Unitario del Concreto Endurecido de $f'c= 210\text{kg/cm}^2$

Descripción	Muestra	Peso unitario (kg/m ³)	Peso Unitario Promedio (kg/m ³)	Variación
Patrón + 0% de viruta de aluminio	M1	2381.770	2369.01	
	M2	2378.418		
	M3	2349.705		
	M4	2364.155		
	M5	2400.975		
	M6	2339.054		
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	M7	2353.867	2327.81	-1.74%
	M8	2318.541		
	M9	2324.890		
	M10	2309.530		
	M11	2376.509		
	M12	2283.497		
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	M13	2272.191	2308.66	-2.55%
	M14	2327.134		
	M15	2339.680		
	M16	2327.462		
	M17	2299.313		
	M18	2286.181		
Patrón + 3% de viruta de aluminio	M19	2255.827	2245.69	-5.21%
	M20	2245.932		
	M21	2233.749		
	M22	2241.897		
	M23	2249.545		
	M24	2247.176		

3.6.3.4.2 Resistencia a Compresión del Concreto a la edad de 7 y 28 días.

Los resultados de los ensayos a compresión a edad de 7 y 28 días se presentan en la siguientes Tabla N° 17 y Tabla N° 18.

Tabla N° 17: Resistencia a la Compresión del concreto a los de 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Carga de Ruptura (kg)	F'C Max. (kg/cm ²)	F'C Promedio (kg/cm ²)	%F'c	Tipo de Falla	Variación
Patrón + 0% de viruta de aluminio	7	M1	36500.00	200.62	195.20	92.95%	5	
		M2	36000.00	197.35			5	
		M3	36000.00	197.09			4	
		M4	36500.00	194.69			5	
		M5	35000.00	190.87			6	
		M6	35500.00	190.59			5	
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	7	M7	35000.00	192.38	187.07	89.08%	4	-4.16%
		M8	34500.00	188.51			5	
		M9	35500.00	191.83			2	
		M10	34000.00	180.89			5	
		M11	33500.00	182.93			5	
		M12	34000.00	185.90			6	
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	7	M13	32500.00	175.16	174.01	82.86%	2	-10.85%
		M14	31000.00	167.08			5	
		M15	32000.00	174.74			2	
		M16	31500.00	173.37			5	
		M17	33000.00	181.26			5	
		M18	32000.00	172.47			4	
Patrón + 3% de viruta de aluminio	7	M19	31500.00	172.91	168.84	80.40%	6	-13.51%
		M20	30000.00	164.46			5	
		M21	30500.00	168.08			5	
		M22	32000.00	174.05			5	
		M23	31000.00	169.39			2	
		M24	30000.00	164.14			3	

Figura N° 6: Gráfica resistencia a la compresión vs viruta de aluminio a los 7 días.

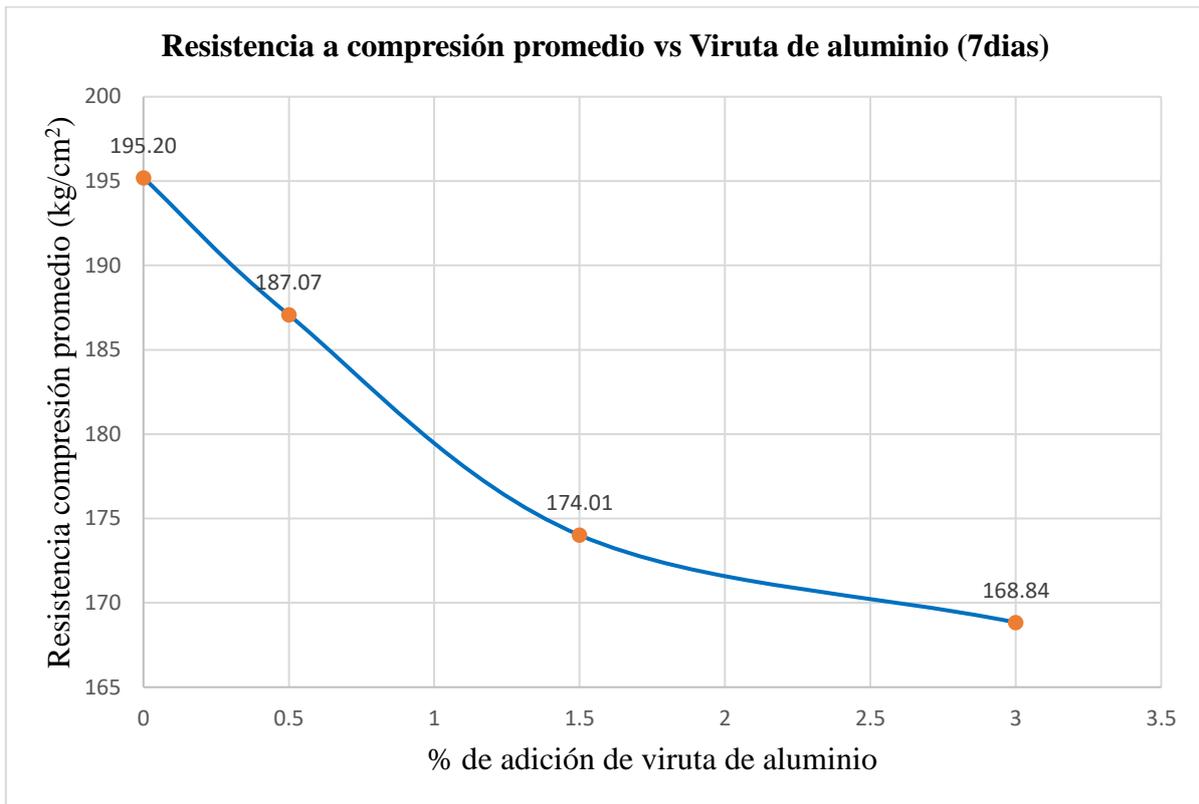
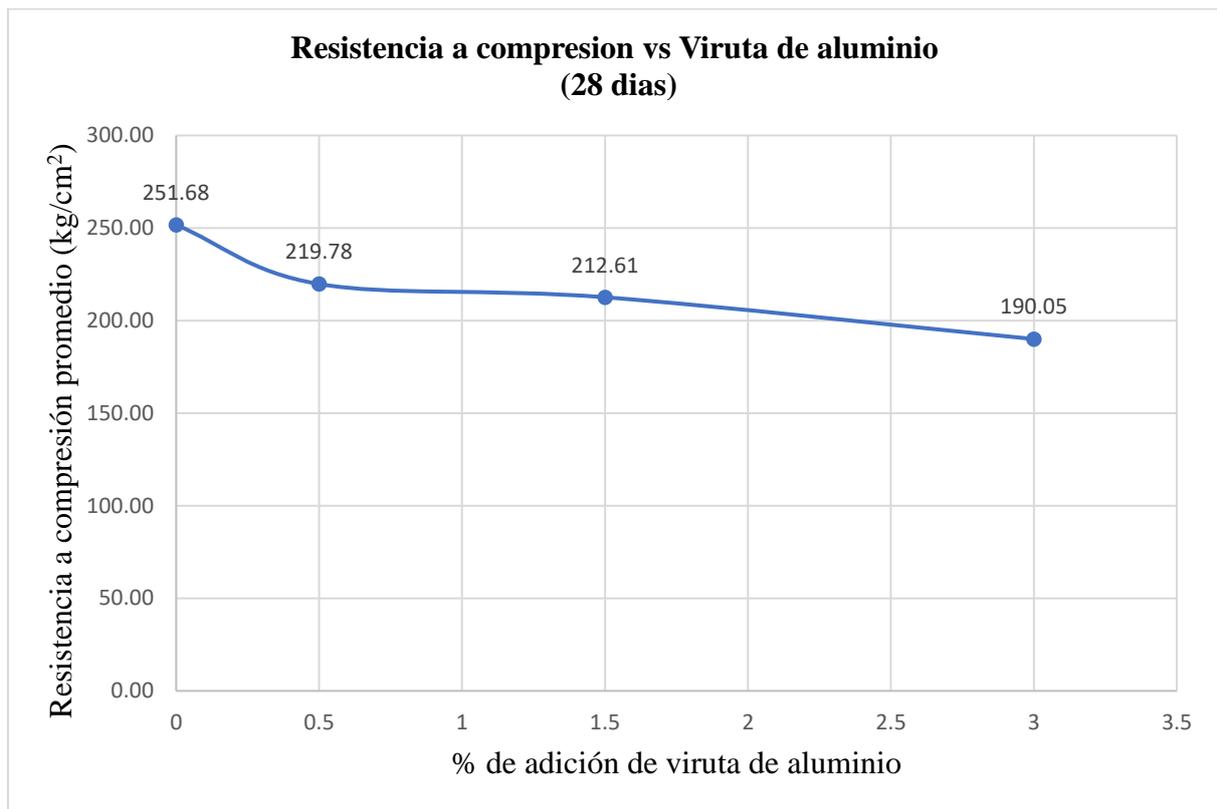


Tabla N° 18: Resistencia a la Compresión del concreto a los de 28 días

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Carga de Ruptura (kg)	F'C Max. (kg/cm2)	F'C Promedio (kg/cm2)	%F'c	Tipo de Falla	Variación
Patrón + 0% de viruta de aluminio	28	M1	46000.00	253.67	251.68	119.85%	6	
		M2	46000.00	254.51			5	
		M3	43500.00	240.20			6	
		M4	47000.00	258.67			5	
		M5	45000.00	252.79			2	
		M6	45500.00	250.25			3	
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	28	M7	40500.00	224.67	219.78	104.66%	6	-12.68%
		M8	41500.00	225.43			5	
		M9	38500.00	210.23			3	
		M10	41000.00	221.26			5	
		M11	39000.00	218.36			2	
		M12	40000.00	218.71			5	
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	28	M13	38500.00	207.23	212.61	101.24%	5	-15.52%
		M14	38000.00	209.14			3	
		M15	39000.00	219.38			4	
		M16	39500.00	220.28			6	
		M17	37500.00	209.54			5	
		M18	38000.00	210.10			3	
Patrón + 3% de viruta de aluminio	28	M19	33500.00	185.10	190.05	90.50%	4	-24.49%
		M20	34500.00	189.38			3	
		M21	35000.00	192.75			6	
		M22	36000.00	198.00			5	
		M23	34000.00	185.66			3	
		M24	34500.00	189.38			6	

Figura N° 7: Gráfica resistencia a la compresión vs viruta de aluminio a los 28 días.



3.6.3.4.3 Resistencia a Flexión del Concreto a la edad de 7 y 28 días.

En las siguientes Tablas N° 19 y N° 20, tenemos los resultados de los ensayos a la flexión a edades de 7 y 28 días de las vigas simplemente apoyadas y con cargas a los tercios del tramo.

Tabla N° 19 :Resistencia a la flexión del concreto a los 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)	Módulo de Rotura Promedio (kg/cm ²)	Variación
Patrón + 0% de viruta de aluminio	7	M1	3060	41.49	39.02	
		M2	3240	42.36		
		M3	3000	38.07		
		M4	2920	37.76		
		M5	2860	38.06		
		M6	2780	36.39		
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	7	M7	2840	37.87	40.31	3.31%
		M8	3140	41.84		
		M9	3200	42.25		
		M10	3260	42.92		
		M11	3040	39.89		
		M12	2860	37.11		
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	7	M13	3200	41.39	41.04	5.18%
		M14	3040	38.96		
		M15	3100	40.12		
		M16	3320	42.57		
		M17	3220	40.99		
		M18	3260	42.23		
Patrón + 3% de viruta de aluminio	7	M19	3060	39.34	40.36	3.44%
		M20	3100	38.57		
		M21	3020	38.33		
		M22	3040	39.05		
		M23	3380	42.36		
		M24	3400	44.53		

Figura N° 8: Gráfica resistencia a la flexión vs viruta de aluminio a los 7 días

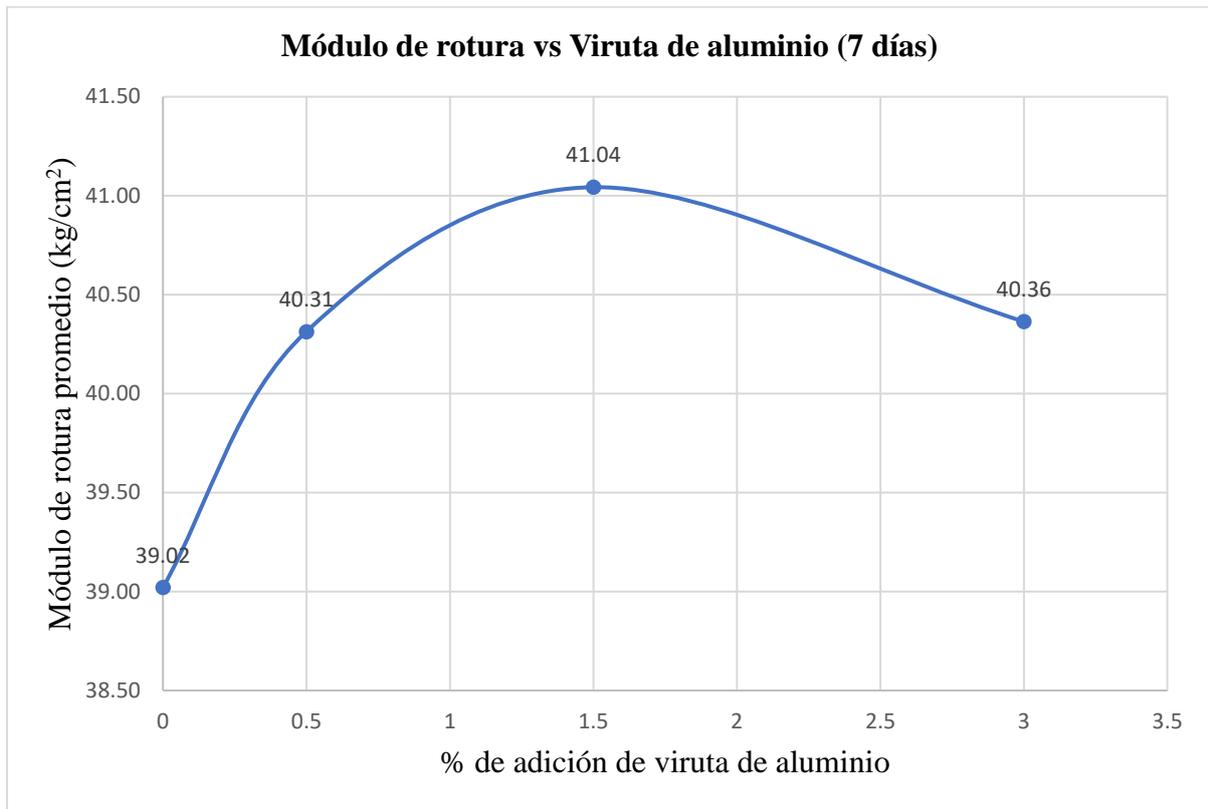
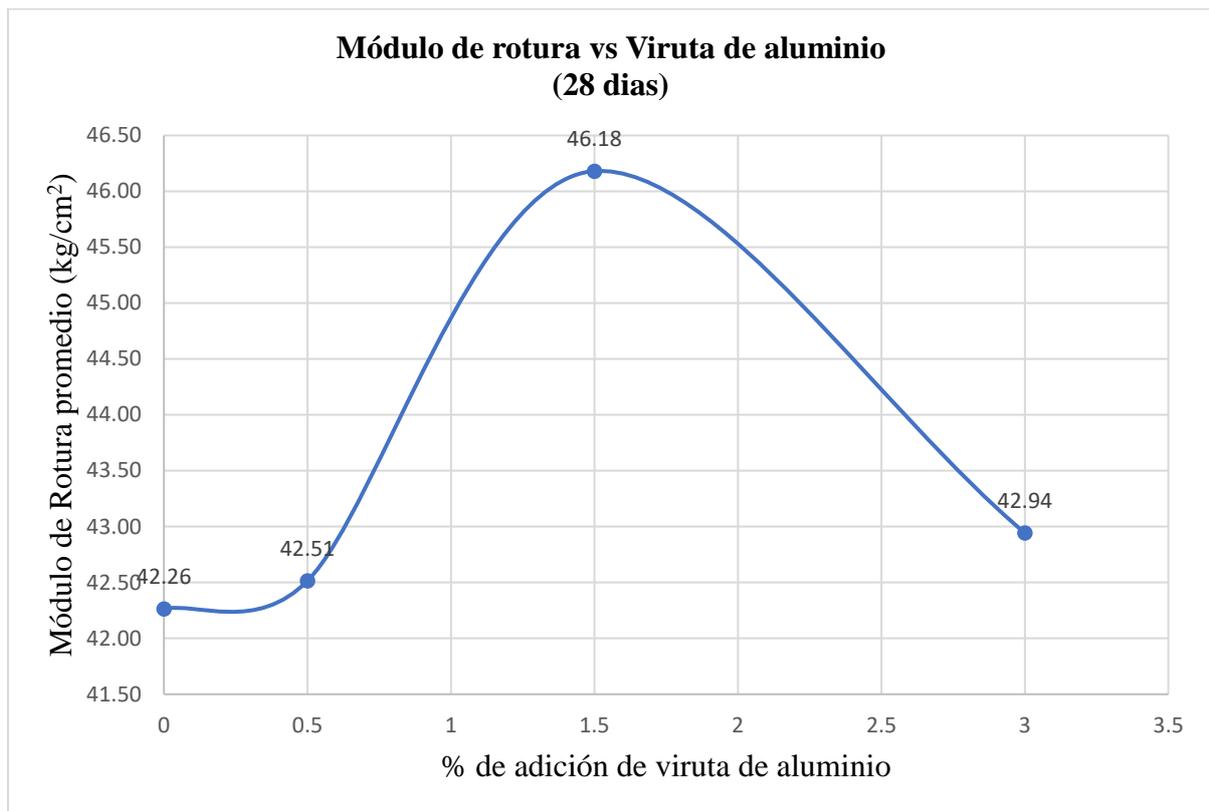


Tabla N° 20: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)	Módulo de Rotura Promedio (kg/cm ²)	Variación
Patrón + 0% de viruta de aluminio	28	M1	3080	40.74	42.26	
		M2	3000	39.70		
		M3	3220	41.63		
		M4	3500	45.81		
		M5	3300	43.10		
		M6	3200	42.61		
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	28	M7	3100	39.75	42.51	0.59%
		M8	3040	40.04		
		M9	3220	41.17		
		M10	3480	45.28		
		M11	3360	44.21		
		M12	3450	44.65		
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	28	M13	3720	47.28	46.18	9.27%
		M14	3540	44.06		
		M15	3800	47.35		
		M16	3640	46.10		
		M17	3700	47.26		
		M18	3520	45.05		
Patrón + 3% de viruta de aluminio	28	M19	3400	43.41	42.94	1.61%
		M20	3280	41.92		
		M21	3500	43.07		
		M22	3300	40.94		
		M23	3480	42.45		
		M24	3640	45.87		

Figura N° 9: Gráfica resistencia a la flexión vs viruta de aluminio a los 28 días.



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis y discusión de resultados de los agregados

4.1.1 Granulometría de los agregados

Los gráficos de las curvas granulométricas presentan la distribución de partículas de los agregados (gruesos y finos). Se puede observar que ambos cumplen con los límites establecidos por las Normas ASTM C33 y NTP 400.037 que indica que los agregados están bien graduados.

En cuanto al módulo de finura, se obtuvo un valor de 3.02, el cual se encuentra dentro del rango (2.3 a 3.1) establecido por la NTP 400.012. De acuerdo con este módulo de finura, se clasificaría como arena gruesa ya que el resultado se aproxima al límite superior del rango establecido.

4.1.2 Pesos específicos y Absorción

En la Tabla N°9 se encuentran los datos del peso específico de masa, peso saturado superficialmente seco, peso aparente y absorción de los agregados (finos y gruesos). Estos resultados se ajustan a los requisitos de la norma ASTM C128 que establece que el peso específico de los agregados naturales debe situarse entre 2.4 y 2.9 g/cm³.

4.1.3 Peso Unitario de los agregados

El peso unitario tanto suelto como compacto del agregado fino supera al agregado grueso debido a que las partículas finas tienen una mayor tendencia a acomodarse. Los resultados obtenidos cumplen con los límites establecidos en la norma ASTM C29 que menciona que los pesos sueltos y compactados deben establecerse en el rango de 1.2 t/m³ a 1.85 t/m³ (1200kg/m³-1850kg/m³)

4.1.4 Contenido de humedad

El contenido de humedad del agregado fino es del 5.34%, mientras que para el agregado grueso es del 0.42%. Esto se debe a que el agregado fino tiene una mayor capacidad de absorción de humedad en comparación al agregado grueso.

4.1.5 Materiales finos que el tamiz 75 μ m (N°200)

La cantidad de materiales finos que pasan por el tamiz 75 μ m (N° 200) es del 2.51% para el agregado fino y del 0.20% para el agregado grueso. Estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma ya que para el agregado fino no debe exceder el 5%, y el agregado grueso, debe ser inferior al 1%.

4.1.6 Abrasión del agregado grueso

En cuanto a esta propiedad en agregado grueso posea el 27% de desgaste valor que cumple con la NTP 400.037 donde establece que el desgaste para el agregado grueso mediante el método de los Ángeles debe ser menor 50%.

4.2 Análisis y discusión de resultaos de la Mezcla de Concreto.

Las Tablas N°10, N°11 y N°12, se presentan los resultados de las proporciones de materiales para una unidad cúbica de concreto, que incluyen los datos tanto para los materiales de diseño en estado seco, como aquellos corregidos por la humedad y adición de viruta de aluminio. El diseño del concreto se llevó a cabo siguiendo el método ACI para obtener una resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

La dosificación de cada material se determinó a partir de las características de los agregados, que se obtuvieron a través de ensayos en el laboratorio, además esta dosificación está influenciada por el uso del cemento Portland tipo I, el cual fue utilizado en esta investigación. El proporcionamiento de materiales obtenidos en el diseño de mezcla no se

puede generalizar, tomando en cuenta que existen otros materiales y que sus propiedades son diferentes.

4.3 Análisis y discusión de resultados del concreto fresco.

4.3.1 Asentamiento del concreto fresco

La Tabla N° 13 muestra los resultados de las mediciones de asentamiento, también conocido como slump o revenimiento, se puede notar que a medida que se incrementa el porcentaje de viruta de aluminio disminuye progresivamente y como consecuencia, la trabajabilidad del concreto se ve afectada, ya que la mezcla se vuelve más seca.

4.3.2 Peso unitario del concreto fresco

La Tabla N° 14 muestra los resultados del concreto en estado fresco, en estos resultados, se observa una ligera disminución en el peso unitario del concreto con adición de viruta de aluminio en comparación con el peso unitario del concreto patrón. Basándonos en el peso unitario, podemos clasificar al concreto como convencional o normal, ya que valores se encuentran dentro del límite de 2200 kg/cm² y 2400 kg/cm².

4.3.3 Temperatura del concreto fresco

La Tabla N° 15 contiene los resultados de la medición de temperatura del concreto fresco, observándose que no hay una variación significativa entre la temperatura del concreto patrón y la temperatura del concreto con adición de viruta de aluminio.

4.4 Análisis y discusión de resultados del concreto endurecido

4.4.1 Peso unitario del concreto en estado endurecido

En la tabla N° 16 se obtiene los resultados del peso unitario del concreto endurecido, en la cual se tiene una disminución a medida que se aumenta el porcentaje de viruta de aluminio

en el concreto, esto se debe a que es un material muy ligero, pero también al producirse una reacción química le incorpora vacíos en el concreto.

4.4.2 Resistencia a Compresión del Concreto

Los datos de la Tabla N° 17 sobre la resistencia a la compresión a los 7 días y la Tabla N° 18 sobre la resistencia a la compresión a los 28 días, revelan una reducción significativa en la resistencia del concreto, mostrando una disminución de hasta un 24.49% con respecto a la resistencia del concreto patrón. Esta pérdida de resistencia se debe a la reacción entre la viruta de aluminio y el concreto que crea porosidad debilitando la estructura del concreto.

4.4.3 Resistencia a la flexión del Concreto

En relación al módulo de rotura o resistencia a la flexión en la Tabla N°19 y Tabla N°20 muestran un comportamiento contrario al de la resistencia a la compresión. Se evidencia un aumento en la resistencia a la flexión en comparación con las muestras patrón (0% de adición de viruta de aluminio) de hasta un 9.24%. Además, se nota que el mayor módulo de rotura se logra con una adición de viruta de aluminio del 1.5%, tanto a los 7 como a los 28 días.

4.4.4 Contratación de la Hipótesis

La adición de viruta de aluminio no incrementa la resistencia mecánica del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cajamarca en más de un 5%. Porque influye de manera positiva en la resistencia a flexión aumentando hasta 9.24% con respecto al concreto patrón, pero disminuye la resistencia a compresión has un 24.49% con respecto al concreto patrón (sin adición de viruta de aluminio).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Las conclusiones de la presente investigación son las siguientes:

- En la presente investigación no se valida la hipótesis ya que la adición de viruta de aluminio en un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cajamarca; aumenta la resistencia a flexión, pero disminuye la resistencia a compresión directamente proporcional al porcentaje de adicción de viruta de aluminio.
- La influencia de la viruta de aluminio en la resistencia a compresión es negativa, donde los resultados a los 7 días fueron 187.07, 174.01 y 168.84 kg/cm^2 , para porcentajes de adicción de viruta de aluminio de 0.5%, 1.5% y 3% respectivamente, mientras que para el concreto patrón sin adicción de viruta de aluminio la resistencia es 195.20 kg/cm^2 , teniendo una variación negativa de 4.16%, 10.85% y 13.51%.
- A los 28 días la resistencia a compresión es la siguiente 219.78, 212.61 y 190.05 kg/cm^2 , para cada adicción de viruta de aluminio, mientras que el concreto patrón sin adicción de viruta de aluminio tiene una resistencia de 251.68 kg/cm^2 , presentando variaciones negativas de 12.68%, 15.52% y 24.49% respectivamente.
- La adición de la viruta de aluminio aumenta la resistencia a la flexión donde la variación es positiva tanto para los 7 y 28 días ya que los resultados a los 7 días son 40.31, 41.04 y 40.36 kg/cm^2 , con adiciones de viruta de aluminio de 0.5%, 1.5% y 3%, mientras que el concreto patrón sin ninguna adicción su módulo de rotura es de 39.02 kg/cm^2 , presentando variaciones positivas de 3.31%, 5.18% y 3.44%.
- Se tuvo a los 28 días que el módulo de rotura es de 42.51, 46.18 y 42.94 kg/cm^2 , para adiciones de viruta de aluminio de 0.5%, 1.5% y 3% y el concreto patrón su módulo de rotura es de 42.26 kg/cm^2 , teniendo variaciones positivas más notoria de 0.59%, 9.27% y 1.61% respectivamente.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar los estudios sobre la reacción química entre la viruta de aluminio y el concreto; ya que no está dentro de los alcances de la presente tesis.
- Se recomienda realizar los ensayos a compresión y flexión a edades de 14 y 21 días para tener un mejor análisis de resultados, ya que en la investigación solo se realizó a los 7 y 28 días.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avellaneda Sánchez, A. (2019). Relación de la resistencia a compresion y módulo de rotura del concreto hidraulico con presencia de fibra metálicacon materiales de rio barragan [tesis de Grado, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia]. Repositorio institucional. Obtenido de <file:///C:/Users/deny4/Downloads/avellaneda%20sanchezandreadelpilar2019.pdf>
- Barriga Sarabia, J. (2021). Adicion de Fibras de Aluminio Reciclado en el Concreto Hidáaulico para Evaluar sus Propiedades Fisico- Mecanicas- Mexico [Tesis de grado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de Mexico]. Repositorio Institucional.
- Bonilla Losano, A. W., & Lascano Fernádes, E. L. (2017). Comportamiento Mecánico del Hormigón Reforzado con Fibras de Aluminio Reciclado [Tesis Para la Obtención del Título, Universidad politécnica Salesiana sede Quito Ecuador]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14415/1/UPS%20-%20ST003139.pdf>
- Bustamante Alvares, D., & Vasquez Medina, L. A. (2022). Diseño de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de aluminio [Tesis de Grado, Universidad César vallejo Moyobamba]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///E:/TESIS%20EN%20ALUMINIO/Bustamante_AD-V%C3%A1squez_MLA-SD.pdf
- Cordero Estévez, G. D., Cárdenas Gutiérrez, J. A., & Rojas Suárez, J. P. (2019). Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI. Ecoe Ediciones.
- Diás Tafur, V. H. (2021). Influencia de la Incorporación de Fibras de Acero en la Resistencia de Vigas de Concreto Armado Ante un Esfuerzo Cortante [Tesis de Grado, Universidad

Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4629>

Galvis Vásquez, F. A., & Vergara Arrieta, L. M. (2017). Efecto del uso de Residuos de Aluminio, Adicionado en Diferentes Porcentajes en una Mezcla de Hormigon [Trabajo de Grado, Universidad de Cartagena Colombia]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/11227/6336/1/EFFECTO-DEL-USO-DE-RESIDUOS-DE-ALUMINIO-ADICIONADO-EN-DIFERENTES-PORCENTAJES-EN-UNA-MEZCLA-DE-HORMIGON.pdf>

García Chumacero, J. M. (2020). Evaluación de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto Adicionando Viruta de Aluminio Secundario, Lambayeque, 2020 [Tesis de Grado, Universidad Señor de Sipam Lambayeque Pimentel Perú]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8075>

Lemos Micolta, E. D., Chilito Bolaños, L. C., Maya Soto, J. C., Gómez Gómez, A., & Rojas Manzano, M. A. (2022). Uso de la Escoria de Aluminio en el Concreto Revisión del Estado del Arte . Cali, Colombia : Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

Marcelo Gondra, P. D. (2019). Análisis de las propiedades físicas mecánicas de los agregados extraídos de las canteras “Cochamarca y Sacra Familia” y su influencia en la resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ la Región de Pasco [tesis de grado, UNAC de Pasco]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/T026_71388317_T.pdf

Masías Mogollón, K. (2018). Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, universidad de piura]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/ICI_254.pdf

- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2017). Diseño de Concreto reforzado (10ma ed.). Alfaomega Grupo Editor, México.
- Norma Técnica de Edificación E. 060. (2019). Concreto Armado.
- NTP 334.001. (2019). INDECOPI. CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura (2da. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.034. (2021). INACAL. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. (4ta. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.046. (2018). INDECOPI. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto) (2da. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.047. (2019). INACAL. CONCRETO. Definiciones y Terminología relativas al concreto y agregados (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.078. (2017). INDECOPI. CONCRETO. metodo de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. (3ra. ed.). Lima. Perú.
- NTP 339.079. (2017). INDECOPI. CONCRETO. Metodo de ensayo para determinar la resistencia a flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.088. (2019). INACAL. CONCRETO. Agua de Mezcla utilizada en la produccion de concreto de cemento pórtland. requisitos (3ra. Edicion ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.183. (2018). INDECOPI. CONCRETO. Práctica normaliza para la elaboracion y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (2da. ed.). Lima, Perú.

- NTP 339.185. (2018). INDECOPI. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (2da. ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.010. (2016). INACAL. AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.011. (2020). INDECOPI. AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos) (2da. ed.).
- NTP 400.012. (2019). INDECOPI. AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Agregado Grueso y Global. (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.017. (2020). INDECOPI. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.021. (2018). INACAL. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.022. (2019). INDECOPI. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú: 3ra. .
- NTP 400.037. (2018). INACAL. AGREGADOS. Agregados para el Concreto. Requisitos (4ta. ed.). Lima, Perú.
- Ortega Garcia, J. E. (2017). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Empresa Editorial Macro E.I.R.L.
- Ramos Fernández, N. D. (2019). Análisis Comparativo del Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado con Fibra de Polipropileno y Acero [Tesis de grado, Universidad

Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4629#:~:text=Finalmente%20se%20concluy%C3%B3%20que%20la,kg%2Fcm2%20en%20vigas%20reforzadas.>

Rodríguez Matallana, R. (2019). El Concreto Fundamentos y Nuevas Tecnologías. Corona.

Rodríguez, H. (24 de AGOSTO de 2022). NATIONAL GEOGRAPHIC. Obtenido de NATIONAL GEOGRAPHIC: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-aluminio-al_18221

Sanches de Gusman, D. (2016). Tecnología del concreto y del mortero (5ta. ed.). Bogotá, Colombia: Multiletras Editores Ltda.

Triana Waldrón, F. A. (2021). Adición de Fibra de Aluminio, Para Construcción de Concreto en Cundinamarca [Tesis de Grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios Colombia]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/12651>

Vásquez Tarrillo, C. E. (2021). Efecto en los esfuerzos a flexión y compresión con la adición de viruta de acero a la mezcla de concreto. Lambayeque.

Villegas Córdova, E. R. (2017). Evaluación de las propiedades físico y mecánicas de los agregados para el uso en el diseño del concreto $f'c=250$ kg/cm² de la cantera río Hinchipe de la ciudad de San Ignacio [tesis para optar por el título de ingeniería civil, UNC Camarca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <file:///C:/Users/deny4/Downloads/tesis.pdf>

ANEXOS

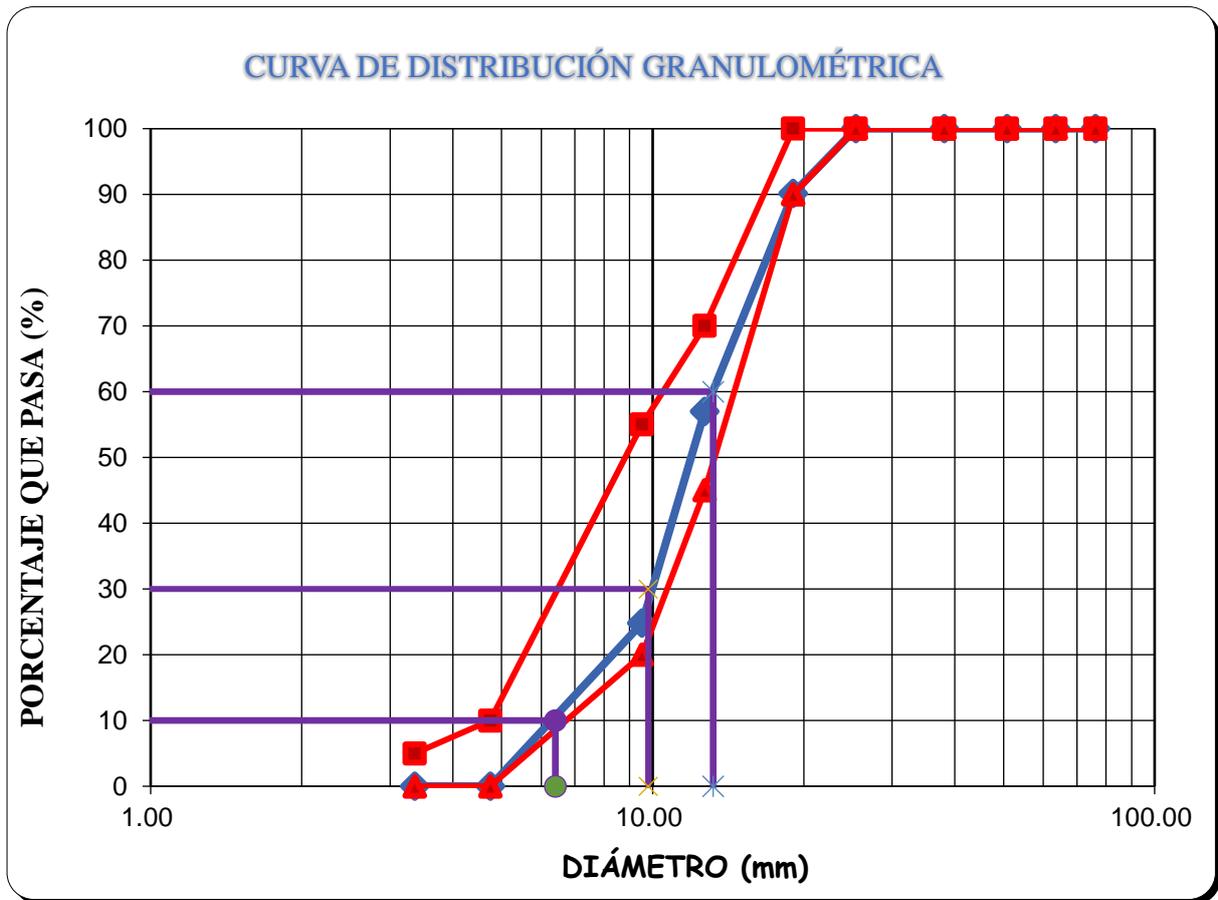
ANEXO N°1: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE RIO "DOÑA RAMONA"

1. AGREGADO GRUESO

Tabla N° 21: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202.

Peso Seco Inicial =		8000.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		1.00			
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	785.00	9.81	9.81	90.19
1/2"	12.70	2653.00	33.16	42.98	57.03
3/8"	9.53	2576.00	32.20	75.18	24.83
N°4	4.75	1985.00	24.81	99.99	0.01
N°8	3.36	0.00	0.00	99.99	0.01
N 16	1.18	0.00	0.00	99.99	0.01
N 30	0.60	0.00	0.00	99.99	0.01
N 50	0.30	0.00	0.00	99.99	0.01
N 100	0.15	0.00	0.00	99.99	0.01
N 200	0.075	0.00	0.00	99.99	0.01
Cazoleta	--	1	0.01	100.00	0.00
TOTAL		8000.00			
MÓDULO DE FINURA =		6.85			

Figura N° 10: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.



D60 =	13.00	D30 =	9.80	D10 =	6.40
Cu =	2.03	Cc =	1.15		

Tabla N° 22: Peso Específico del Agua.

Descripción	Peso	unidades
Peso de la fiola	191.98	g
Peso de la fiola +agua	689.5	g
Volumen de la fiola	500.00	cm ³
Peso especifico	0.99504	g/cm ³
P.e en (Kg/m ³)	995.04	kg/cm ³

Tabla N° 23: Factor de calibración (f) del agregado grueso ASTM C29 / NTP 400.017.

Descripción	Peso	unidades
Peso del Molde	4226.00	g
Peso del Molde +Agua	13558.00	g
Peso Agua (Kg)	9.3320	kg
f (1/m ³)	106.627	1/m ³

Tabla N° 24 : Peso Unitario Suelto agregado Grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4226.00	4226.00	4226.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	17422.00	17326.00	17215.00	
Peso de la muestra suelta	g	13196.00	13100.00	12989.00	
Factor (f)	1/m ³	106.627	106.627	106.627	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.407	1.397	1.385	1.396
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1407	1397	1385	1396

Tabla N° 25: Peso Unitario Compactado Agregado Grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4226.00	4226.00	4226.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	18655.00	18522.00	18695.00	
Peso de la muestra suelta	g	14429.00	14296.00	14469.00	
Factor (f)	1/m ³	106.627	106.627	106.627	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.539	1.524	1.543	1.535
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1539	1524	1543	1535

Tabla N° 26: Peso Específico Agregado Grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2743.30	2743.70	2742.50	
Peso de canastilla sumergida	g	875.00	875.00	875.00	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2966.10	2965.40	2966.50	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1868.30	1868.70	1867.50	
Peso Específico de Masa	g/cm³	2.621	2.621	2.619	2.621
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/cm³	2.651	2.652	2.649	2.651
Peso Específico de Aparente	g/cm³	2.702	2.704	2.699	2.702

Tabla N° 27: Absorción (%) Agregado Grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2966.10	2965.40	2966.50	
Absorción (%)	%	1.143	1.167	1.129	1.143

Tabla N° 28: Contenido de Humedad (%) Agregado Grueso - A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	358.00	359.00	360.00	
Peso del Recipiente + muestra Humedad	g	1586.00	1326.00	1549.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1582.00	1322.00	1543.00	
Contenido de Humedad	W %	0.33	0.42	0.51	0.42

Tabla N° 29: Ensayo de Abrasión Agregado Grueso - / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207.

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
				1°	2°	3°
N° DE ENSAYOS						
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3668	3661	3669
% Desg. =((Pi -Pf) / Pi) x 100				26.64	26.78	26.62
Abrasión % Desgaste Promedio					27.00	

Tabla N° 30: Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Grueso.

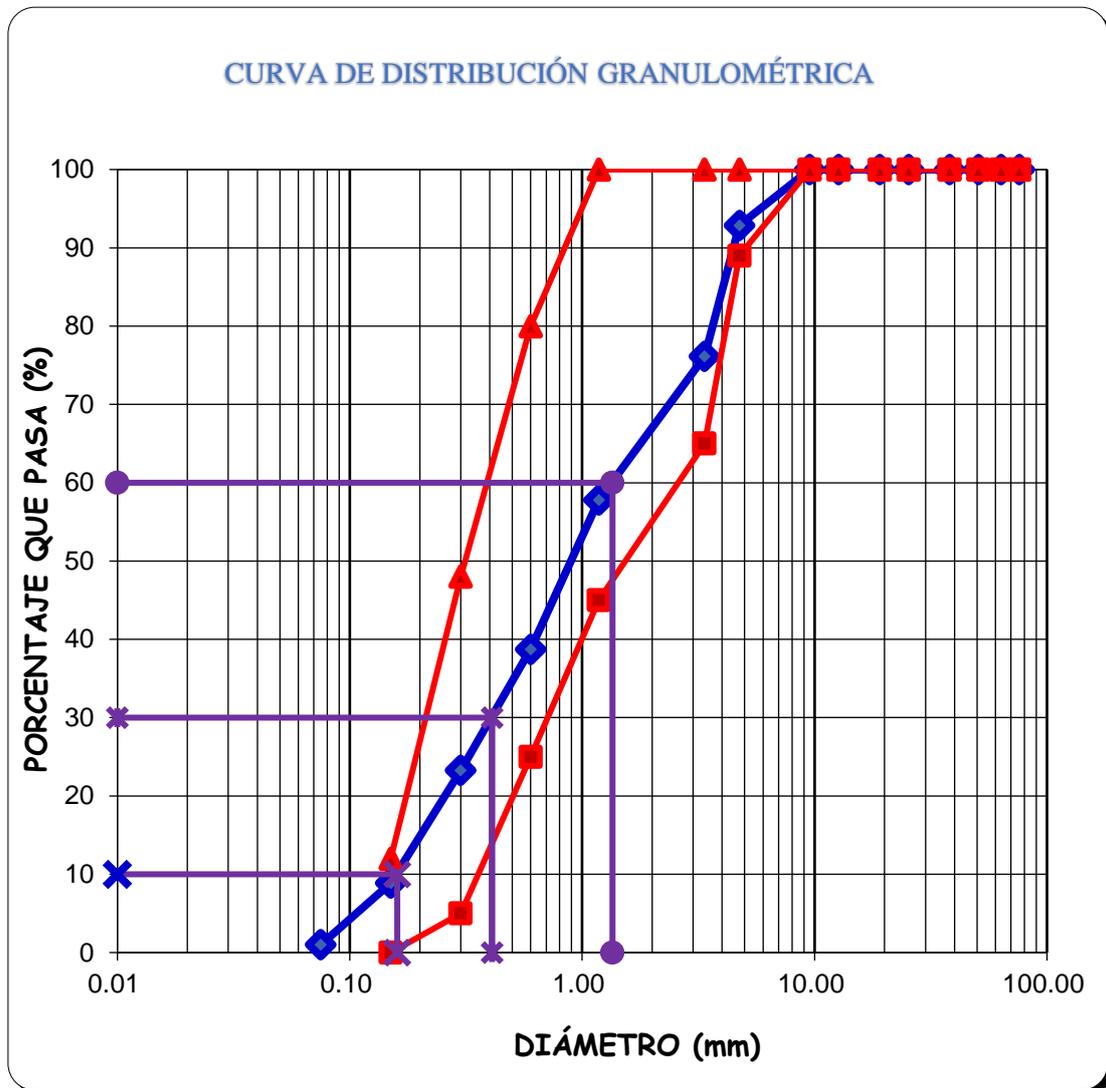
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	5000.00	5000.00	5000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	4989.80	4989.85	4989.62	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	10.20	10.14	10.36	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.204%	0.203%	0.207%	0.20%

2. AGREGADO FINO

Tabla N° 31: Análisis Granulométrico del Agregado fino: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202.

Peso Seco Inicial =		1500.00				
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		15.00				
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.75	107.00	7.13	7.13	92.87	
N°8	3.36	251.00	16.73	23.87	76.13	
N 16	1.18	275.00	18.33	42.20	57.80	
N 30	0.60	286.00	19.07	61.27	38.73	
N 50	0.30	232.00	15.47	76.73	23.27	
N 100	0.15	216.00	14.40	91.13	8.87	
N 200	0.075	118.00	7.87	99.00	1.00	
Cazoleta	--	15	1.00	100.00	0.00	
TOTAL		1500.0				
MÓDULO DE FINURA =			3.023			

Figura N° 11: Curva granulométrica de agregado fino.



D60 =	1.35	D30 =	0.41	D10 =	0.16
Cu =		8.44	Cc =	0.78	

Tabla N° 32: Factor de calibración (f) del agregado fino - ASTM C29 / NTP 400.017.

Descripción	Peso	unidades
Peso del Molde	1995.45	g
Peso del Molde + Agua	4816	g
Peso Agua	2.82055	kg
f (1/m ³) =	352.78	1/m ³

Tabla N° 33: Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 / A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1995.45	1995.45	1995.45	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	6602.00	6585.00	6555.00	
Peso de la muestra suelta	g	4606.55	4589.55	4559.55	
Factor (f)	1/m ³	352.782	352.782	352.782	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.625	1.619	1.609	1.618
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1625.11	1619.11	1608.53	1618

Tabla N° 34: Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 / A.S.T.M.C -29 / MTC E 205).

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1995.45	1995.45	1995.45	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	6985.00	6943.00	7089.00	
Peso de la muestra suelta	g	4989.55	4947.55	5093.55	
Factor (f)	1/m ³	352.782	352.782	352.782	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.760	1.745	1.797	1.768
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1760.22	1745.41	1796.91	1768

Tabla N° 35: Peso Específico /NTP 400.022/ A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	192.0	192.0	192.0	
Peso de la fiola + agua hasta menizco	g	690.5	690.5	690.5	
peso de la fiola + agua + muestra	g	1003.9	1004.1	1003.7	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.90	493.10	493.40	
volumen de agua añadida al frasco (g)	g	311.9	312.1	311.7	
Peso Específico de Masa	g/m³	2.626	2.624	2.620	2.620
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/m³	2.658	2.661	2.655	2.660
Peso Específico de Aparente	g/m³	2.714	2.724	2.715	2.720

Tabla N° 36: Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.63	493.62	493.61	
Absorción (%)	%	1.290	1.292	1.295	1.292

Tabla N° 37: Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	358.00	359.00	360.00	
Peso del Recipiente + muestra Humedad	g	1562.00	1458.00	1369.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1501.00	1402.00	1318.00	
Contenido de Humedad	W %	5.34	5.37	5.32	5.34

Tabla N° 38: Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Fino

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	488.50	487.60	486.20	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	11.50	12.40	13.80	
Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	2.30%	2.48%	2.76%	2.51%

ANEXO N°2: DISEÑO DE MEZCLA

TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE VIRUTA DE ALUMINIO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO DE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

TESISTA: BACH. HOSMEÑO MARTÍN CERDÁN RAMOS

ASESOR: DR. ING. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

A. CEMENTO (ASTM C 150/NTP 334.009)

Tipo: Pacasmayo tipo I

Peso específico 3.11 g/cm^3

B. PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS

AGREG. FINO Doña Ramona - Valle de Condebamba.

AGREG.

GRUESO Doña Ramona - Valle de Condebamba.

B.1 CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

PROPIEDADES	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Tamaño máximo nominal	.....		3/4"	
Peso específico de masa	2.620	g/cm^3	2.621	g/cm^3
Peso específico saturado superficialmente seco	2.66	g/cm^3	2.65	g/cm^3
Peso específico aparente	2.72	g/cm^3	2.70	g/cm^3
Peso unitario suelto	1618	Kg/m^3	1396	Kg/m^3
Peso unitario compactado	1768	Kg/m^3	1535	Kg/m^3
Contenido de humedad	5.34	%	0.42	%
Absorción	1.29	%	1.14	%
Módulo de finura	3.02		6.85	
Abrasión (%)	...	%	27.00	%
% Que pasa malla N°200	2.51	%	0.20	%

C. PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$F'cr = 252 \text{ kg/cm}^2$

TMN = 3/4"

SLUMP = 3" - 4" (Consistencia plástica)

Volumen de

agua 205 Lt/m^3

Aire total (%)	2		
Relación a/c	0.6172		
Factor cemento	332.15 Kg/m ³		7.82 Bolsas

Determinación de volúmenes

Cemento	0.107
Agua	0.205
Aire	0.020
Suma =	0.332

Volumen de

Agregados =	0.668	
Agregado fino seco =	900.00	Kg/m ³
Agregado grueso seco =	851.00	3
		Kg/m ³
		3

Materiales de Diseño

Cemento	332.2	Kg
Agua de Diseño	205.00	Lt
Agregado Fino Seco	900.00	Kg
Agregado Grueso seco	851.00	Kg
Aire Total	2.00	%

Aporte de Agua de los Agregados

Aporte AF =	36.46
Aporte AG =	-6.18
Total =	30.27

Materiales Corregidos

Cemento	332.2	Kg
Agua de Diseño	174.7	Lt
Agregado Fino Seco	948.00	Kg
Agregado Grueso seco	855.00	Kg
Aire Total	2.00	%

Proporción en peso

Cemento	1	
A. Fino	2.85	
A. Grueso	2.57	
Agua	22.4	(Lt / Bolsa)

Proporción en Volumen

Cemento	1	
A. Fino	2.510	
A. Grueso	2.750	
	22.40	lt/Bols
Agua	0	as

ANEXO N°3 PROPIEDADES DEL CONCRETO

A. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

Tabla N° 39: Peso Unitario del concreto en estado fresco para $f'c=210$ kg/cm², con diferentes Porcentajes de adición de Viruta de Aluminio.

Adición de viruta de Aluminio (%).	Muestra	Volumen (m ³)	Peso del molde (kg)	Peso del molde + concreto (kg)	Peso del concreto (kg)	Peso unitario (kg/m ³)	Peso unitario Promedio (kg/m ³)	Variación
CP + 0 % de V.A	M1	0.00967	4.20	27.34	23.14	2392.78	2390.20	
	M2	0.00967	4.20	27.29	23.09	2387.61		
CP + 0.5% de V.A	M3	0.00967	4.20	27.26	23.06	2383.68	2381.82	-0.35%
	M4	0.00967	4.20	27.22	23.02	2379.96		
CP + 1.5% de V.A	M5	0.00967	4.20	27.20	23.00	2378.41	2379.76	-0.44%
	M6	0.00967	4.20	27.23	23.03	2381.10		
CP + 3% de V.A	M7	0.00967	4.20	27.20	23.00	2377.69	2373.35	-0.71%
	M8	0.00967	4.20	27.11	22.91	2369.00		

B. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

Tabla N° 40: Peso Unitario del concreto en estado Endurecido para $f'c=210$ kg/cm²

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso del Concreto (kg)	Peso unitario (kg/m ³)	Peso Unitario Promedio (kg/m ³)	Variación
Patrón + 0% de viruta de aluminio	28	M1	15.20	181.34	30.40	0.00551	13.130	2381.770	2369.01	
		M2	15.17	180.74	30.52	0.00552	13.120	2378.418		
		M3	15.19	181.10	30.51	0.00553	12.983	2349.705		
		M4	15.21	181.70	30.48	0.00554	13.093	2364.155		
		M5	15.06	178.01	30.36	0.00540	12.976	2400.975		
		M6	15.22	181.82	30.46	0.00554	12.954	2339.054		
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	28	M7	15.15	180.27	30.67	0.00553	13.014	2353.867	2327.81	-1.74%
		M8	15.31	184.09	30.60	0.00563	13.061	2318.541		
		M9	15.27	183.13	30.70	0.00562	13.071	2324.890		
		M10	15.36	185.30	30.48	0.00565	13.044	2309.530		
		M11	15.08	178.60	30.30	0.00541	12.861	2376.509		
		M12	15.26	182.89	30.56	0.00559	12.763	2283.497		
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	28	M13	15.38	185.78	30.50	0.00567	12.875	2272.191	2308.66	-2.55%
		M14	15.21	181.70	30.70	0.00558	12.981	2327.134		
		M15	15.05	177.78	30.05	0.00534	12.499	2339.680		
		M16	15.11	179.32	30.20	0.00542	12.604	2327.462		
		M17	15.10	178.96	30.30	0.00542	12.468	2299.313		
		M18	15.18	180.86	30.26	0.00547	12.512	2286.181		
Patrón + 3% de viruta de aluminio	28	M19	15.18	180.98	30.50	0.00552	12.452	2255.827	2245.69	-5.21%
		M20	15.23	182.18	30.48	0.00555	12.471	2245.932		
		M21	15.21	181.58	30.54	0.00555	12.387	2233.749		
		M22	15.22	181.82	30.60	0.00556	12.473	2241.897		
		M23	15.27	183.13	30.50	0.00559	12.565	2249.545		
		M24	15.23	182.18	30.49	0.00555	12.482	2247.176		

C. RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA EDADES DE 7 Y 28 DÍAS

- Resistencia a Compresión del Concreto a los 7 días.

Tabla N° 41: Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kg)	F'C Max. (kg/cm ²)	Tipo de Falla
Patrón + 0% de viruta de aluminio	7	M1	15.25	15.19	15.22	181.94	36500.00	200.62	5
		M2	15.24	15.24	15.24	182.41	36000.00	197.35	5
		M3	15.25	15.25	15.25	182.65	36000.00	197.09	4
		M4	15.40	15.50	15.45	187.48	36500.00	194.69	5
		M5	15.17	15.39	15.28	183.37	35000.00	190.87	6
		M6	15.38	15.42	15.40	186.27	35500.00	190.59	5
Resistencia Media								195.202	kg/cm ²
Rango Muestral								10.031	kg/cm ²
Varianza								12.982	
Desviación Estándar								3.603	
Coefficiente de Variación								1.846	%

Tabla N° 42: Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5% de V.A a edad de 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kg)	F'C Max. (kg/cm ²)	Tipo de Falla
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	7	M7	15.20	15.24	15.22	181.94	35000.00	192.38	4
		M8	15.23	15.30	15.27	183.01	34500.00	188.51	5
		M9	15.30	15.40	15.35	185.06	35500.00	191.83	2
		M10	15.45	15.49	15.47	187.96	34000.00	180.89	5
		M11	15.19	15.35	15.27	183.13	33500.00	182.93	5
		M12	15.23	15.29	15.26	182.89	34000.00	185.90	6
Resistencia Media								187.07	kg/cm ²
Rango Muestral								11.49	kg/cm ²
Varianza								18.28	
Desviación Estándar								4.28	
Coefficiente de Variación								2.29	%

Tabla N° 43: Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5% de V.A a edad de 7días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kg)	F' C Max. (kg/cm ²)	Tipo de Falla
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	7	M13	15.40	15.34	15.37	185.54	32500.00	175.16	2
		M14	15.33	15.41	15.37	185.54	31000.00	167.08	5
		M15	15.35	15.19	15.27	183.13	32000.00	174.74	2
		M16	15.20	15.22	15.21	181.70	31500.00	173.37	5
		M17	15.25	15.20	15.23	182.06	33000.00	181.26	5
		M18	15.38	15.36	15.37	185.54	32000.00	172.47	4
Resistencia Media								174.01	kg/cm ²
Rango Muestral								14.18	kg/cm ²
Varianza								17.55	
Desviación Estándar								4.19	
Coefficiente de Variación								2.41	%

Tabla N° 44: Resistencia a la compresión del concreto con adición 3% de V.A a edad de 7días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kg)	F' C Max. (kg/cm ²)	Tipo de Falla
Patrón + 3% de viruta de aluminio	7	M19	15.28	15.18	15.23	182.18	31500.00	172.91	6
		M20	15.27	15.21	15.24	182.41	30000.00	164.46	5
		M21	15.23	15.17	15.20	181.46	30500.00	168.08	5
		M22	15.35	15.25	15.30	183.85	32000.00	174.05	5
		M23	15.26	15.27	15.27	183.01	31000.00	169.39	2
		M624	15.28	15.23	15.26	182.77	30000.00	164.14	3
Resistencia Media								168.84	kg/cm ²
Rango Muestral								9.91	kg/cm ²
Varianza								14.32	
Desviación Estándar								3.78	
Coefficiente de Variación								2.24	%

➤ Resistencia a Compresión del Concreto a los 28 días.

Tabla N° 45: Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kg)	F'c Max. (kg/cm ²)	Tipo de Falla
Patrón + 0% de viruta de aluminio	28	M1	15.21	15.18	15.20	181.34	46000.00	253.67	6
		M2	15.28	15.06	15.17	180.74	46000.00	254.51	5
		M3	15.26	15.11	15.19	181.10	43500.00	240.20	6
		M4	15.18	15.24	15.21	181.70	47000.00	258.67	5
		M5	15.09	15.02	15.06	178.01	45000.00	252.79	2
		M6	15.17	15.26	15.22	181.82	45500.00	250.25	3
Resistencia Media							251.681	kg/cm ²	
Rango Muestral							18.474	kg/cm ²	
Varianza							32.655		
Desviación Estándar							5.714		
Coefficiente de Variación							2.271		%

Tabla N° 46: Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5 % de V.A a edad de 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kg)	F'c Max. (kg/cm ²)	Tipo de Falla
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	28	M7	15.16	15.14	15.15	180.27	40500.00	224.67	6
		M8	15.27	15.35	15.31	184.09	41500.00	225.43	5
		M9	15.33	15.21	15.27	183.13	38500.00	210.23	3
		M10	15.40	15.32	15.36	185.30	41000.00	221.26	5
		M11	15.06	15.10	15.08	178.60	39000.00	218.36	2
		M12	15.36	15.16	15.26	182.89	40000.00	218.71	5
Resistencia Media							219.776	kg/cm ²	
Rango Muestral							15.199	kg/cm ²	
Varianza							25.397		
Desviación Estándar							5.040		
Coefficiente de Variación							2.293		%

Tabla N° 47: Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5 % de V.A a edad de 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kg)	F'C Max. (kg/cm ²)	Tipo de Falla
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	28	M13	15.49	15.27	15.38	185.78	38500.00	207.23	5
		M14	15.30	15.12	15.21	181.70	38000.00	209.14	3
		M15	14.95	15.14	15.05	177.78	39000.00	219.38	4
		M16	15.12	15.10	15.11	179.32	39500.00	220.28	6
		M17	15.12	15.07	15.10	178.96	37500.00	209.54	5
		M18	15.25	15.10	15.18	180.86	38000.00	210.10	3
Resistencia Media								212.613	kg/cm ²
Rango Muestral								13.049	kg/cm ²
Varianza								26.880	
Desviación Estándar								5.185	
Coficiente de Variación								2.439	%

Tabla N° 48: Resistencia a la compresión del concreto con adición 3 % de V.A a edad de 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Ø Sup. (cm)	Ø Inf. (cm)	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kg)	F'C Max. (kg/cm ²)	Tipo de Falla
Patrón + 3% de viruta de aluminio	28	M19	15.18	15.18	15.18	180.98	33500.00	185.10	4
		M20	15.25	15.21	15.23	182.18	34500.00	189.38	3
		M21	15.24	15.17	15.21	181.58	35000.00	192.75	6
		M22	15.18	15.25	15.22	181.82	36000.00	198.00	5
		M23	15.27	15.27	15.27	183.13	34000.00	185.66	3
		M24	15.23	15.23	15.23	182.18	34500.00	189.38	6
Resistencia Media								190.045	kg/cm ²
Rango Muestral								12.899	kg/cm ²
Varianza								19.205	
Desviación Estándar								4.382	
Coficiente de Variación								2.306	%

D. RESISTENCIA A FLEXIÓN PARA EDADES DE 7 Y 28 DÍAS

- Resistencia a Flexión del Concreto a los 7 días.

Tabla N° 49: Resistencia a la flexión del concreto patrón a edad de 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
Patrón + 0% de viruta de aluminio	7	M1	45	14.85	14.95	3060	41.49
		M2	45	14.80	15.25	3240	42.36
		M3	45	15.15	15.30	3000	38.07
		M4	45	15.10	15.18	2920	37.76
		M5	45	14.91	15.06	2860	38.06
		M6	45	14.96	15.16	2780	36.39
Resistencia Media						39.020	kg/cm ²
Rango Muestral						5.975	kg/cm ²
Varianza						4.600	
Desviación Estándar						2.145	
Coefficiente de Variación						5.497	%

Tabla N° 50: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 0.5 % de V.A a edad de 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	7	M7	45	15.10	14.95	2840	37.87
		M8	45	15.05	14.98	3140	41.84
		M9	45	14.85	15.15	3200	42.25
		M10	45	14.95	15.12	3260	42.92
		M11	45	15.14	15.05	3040	39.89
		M12	45	15.01	15.20	2860	37.11
Resistencia Media						40.314	kg/cm ²
Rango Muestral						5.811	kg/cm ²
Varianza						4.881	
Desviación Estándar						2.209	
Coefficiente de Variación						5.481	%

Tabla N° 51: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 1.5 % de V.A a edad de 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	7	M13	45	14.96	15.25	3200	41.39
		M14	45	15.12	15.24	3040	38.96
		M15	45	15.05	15.20	3100	40.12
		M16	45	15.15	15.22	3320	42.57
		M17	45	15.16	15.27	3220	40.99
		M18	45	14.80	15.32	3260	42.23
Resistencia Media						41.043	kg/cm ²
Rango Muestral						3.615	kg/cm ²
Varianza						1.514	
Desviación Estándar						1.231	
Coefficiente de Variación						2.998	%

Tabla N° 52: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 3 % de V.A a edad de 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
Patrón + 3% de viruta de aluminio	7	M19	45	15.05	15.25	3060	39.34
		M20	45	15.15	15.45	3100	38.57
		M21	45	14.95	15.40	3020	38.33
		M22	45	14.85	15.36	3040	39.05
		M23	45	15.10	15.42	3380	42.36
		M24	45	14.95	15.16	3400	44.53
Resistencia Media						40.364	kg/cm ²
Rango Muestral						6.200	kg/cm ²
Varianza						5.245	
Desviación Estándar						2.290	
Coefficiente de Variación						5.674	%

➤ Resistencia a la flexión del Concreto 28 días.

Tabla N° 53: Resistencia a la flexión del concreto patrón a edad de 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
Patrón + 0% de viruta de aluminio	28	M1	45	15.12	15.00	3080	40.74
		M2	45	15.10	15.01	3000	39.70
		M3	45	15.09	15.19	3220	41.63
		M4	45	15.12	15.08	3500	45.81
		M5	45	15.05	15.13	3300	43.10
		M6	45	14.96	15.03	3200	42.61
Resistencia Media						42.264	kg/cm ²
Rango Muestral						6.111	kg/cm ²
Varianza						3.782	
Desviación Estándar						1.945	
Coefficiente de Variación						4.601	%

Tabla N° 54: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 0.5% de V.A a edad de 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
Patrón + 0.5% de viruta de aluminio	28	M7	45	15.15	15.22	3100	39.75
		M8	45	14.96	15.12	3040	40.04
		M9	45	15.25	15.20	3220	41.17
		M10	45	15.23	15.07	3480	45.28
		M11	45	14.98	15.11	3360	44.21
		M12	45	15.17	15.14	3450	44.65
Resistencia Media						42.514	kg/cm ²
Rango Muestral						5.526	kg/cm ²
Varianza						5.106	
Desviación Estándar						2.260	
Coefficiente de Variación						5.315	%

Tabla N° 55: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 1.5% de V.A a edad de 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
Patrón + 1.5% de viruta de aluminio	28	M13	45	15.11	15.31	3720	47.28
		M14	45	15.27	15.39	3540	44.06
		M15	45	15.13	15.45	3800	47.35
		M16	45	15.14	15.32	3640	46.10
		M17	45	15.13	15.26	3700	47.26
		M18	45	15.24	15.19	3520	45.05
Resistencia Media						46.181	kg/cm ²
Rango Muestral						3.288	kg/cm ²
Varianza						1.587	
Desviación Estándar						1.260	
Coefficiente de Variación						2.728	%

Tabla N° 56: Resistencia a la flexión del concreto con adición de 3% de V.A a edad de 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Ruptura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
Patrón + 3% de viruta de aluminio	28	M19	45	15.10	15.28	3400	43.41
		M20	45	14.92	15.37	3280	41.92
		M21	45	15.24	15.49	3500	43.07
		M22	45	15.06	15.52	3300	40.94
		M23	45	15.12	15.62	3480	42.45
		M24	45	14.94	15.46	3640	45.87
Resistencia Media						42.943	kg/cm ²
Rango Muestral						4.934	kg/cm ²
Varianza						2.355	
Desviación Estándar						1.535	
Coefficiente de Variación						3.574	%

ANEXO N° 4 ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA*1000 DE LOS ESPECIMENES DE CONCRETO

Tabla N° 57: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón a edad de 7 días.

Patrón + 0% de viruta de Aluminio				Patrón + 0% de viruta de Aluminio				Patrón + 0% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M1	45	14.85	14.95	M2	45	14.80	15.25	M3	45	15.15	15.30
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00
200	0.05	0.3	2.71	200	0.00	0.00	2.61	200	0	0.00	2.54
400	0.23	1.5	5.42	400	0.00	0.00	5.23	400	0.06	0.39	5.08
600	0.35	2.3	8.13	600	0.00	0.00	7.84	600	0.23	1.50	7.61
800	0.47	3.1	10.85	800	0.10	0.66	10.46	800	0.36	2.35	10.15
1000	0.58	3.9	13.56	1000	0.17	1.11	13.07	1000	0.46	3.01	12.69
1200	0.71	4.7	16.27	1200	0.24	1.57	15.69	1200	0.53	3.46	15.23
1400	0.83	5.6	18.98	1400	0.30	1.97	18.30	1400	0.61	3.99	17.76
1600	0.94	6.3	21.69	1600	0.37	2.43	20.92	1600	0.72	4.71	20.30
1800	1.12	7.5	24.40	1800	0.46	3.02	23.53	1800	0.8	5.23	22.84
2000	1.22	8.2	27.12	2000	0.56	3.67	26.15	2000	0.88	5.75	25.38
2200	1.38	9.2	29.83	2200	0.62	4.07	28.76	2200	1.04	6.80	27.92
2400	1.49	10.0	32.54	2400	0.70	4.59	31.38	2400	1.08	7.06	30.45
2600	1.70	11.4	35.25	2600	0.82	5.38	33.99	2600	1.11	7.25	32.99
2800	1.78	11.9	37.96	2800	0.88	5.77	36.61	2800	1.2	7.84	35.53
3000	1.85	12.4	40.67	3000	0.93	6.10	39.22	3000	1.24	8.10	38.07
3060	1.99	13.3	41.49	3200	1.03	6.75	41.84				
				3240	1.17	7.67	42.36				

Figura N° 12: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón a edad de 7 días.

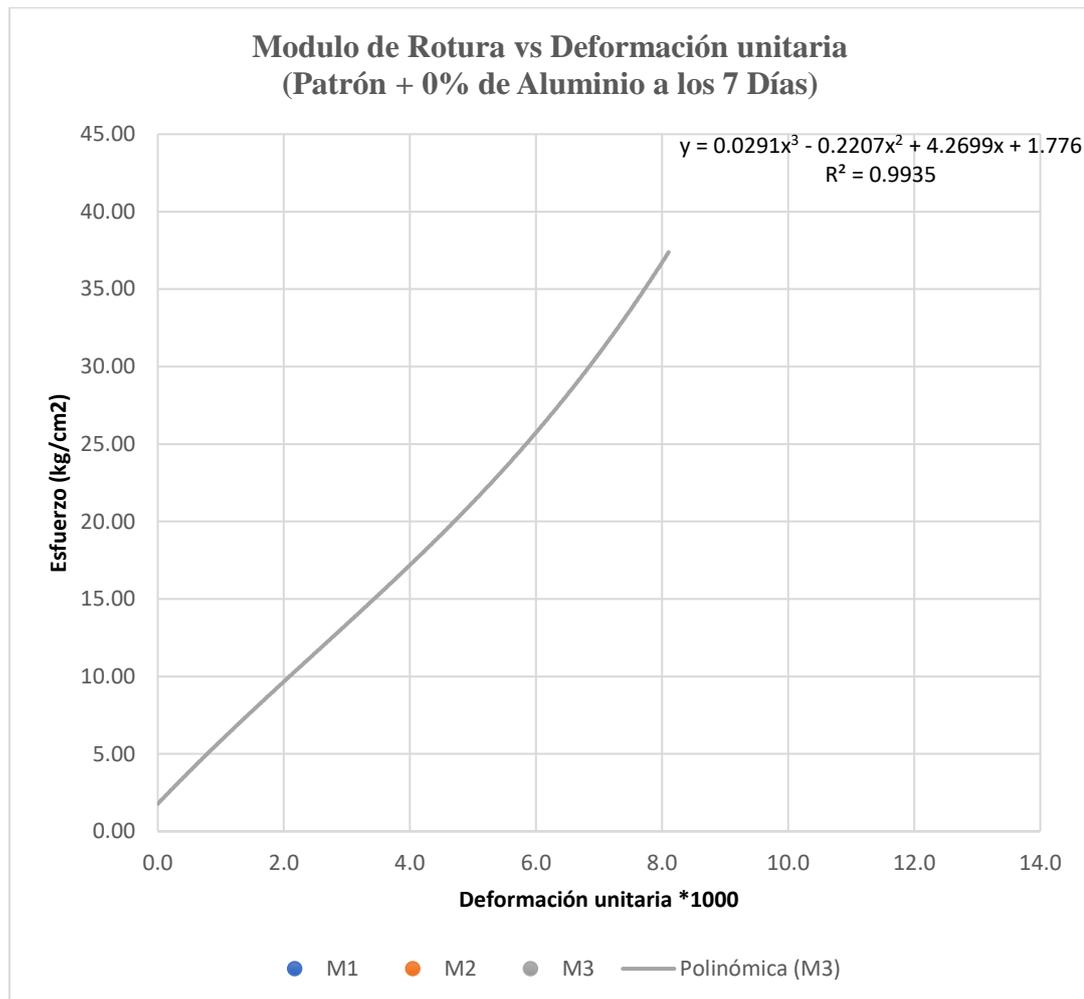


Tabla N° 58: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 0.5 % de V.A a edad de 7 días.

Patrón + 0.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 0.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 0.5% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M7	45	15.10	14.95	M8	45	15.05	14.98	M9	45	14.85	15.15
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.10	0.67	2.67	200	0.00	0.00	2.66	200	0.00	0.00	2.64
400	0.14	0.94	5.33	400	0.07	0.47	5.33	400	0.00	0.00	5.28
600	0.34	2.27	8.00	600	0.16	1.07	7.99	600	0.00	0.00	7.92
800	0.41	2.74	10.67	800	0.18	1.20	10.66	800	0.00	0.00	10.56
1000	0.50	3.34	13.33	1000	0.24	1.60	13.32	1000	0.10	0.66	13.20
1200	0.69	4.62	16.00	1200	0.32	2.14	15.99	1200	0.18	1.19	15.84
1400	0.76	5.08	18.67	1400	0.48	3.20	18.65	1400	0.25	1.65	18.48
1600	0.89	5.95	21.33	1600	0.61	4.07	21.32	1600	0.36	2.38	21.12
1800	1.09	7.29	24.00	1800	0.79	5.27	23.98	1800	0.47	3.10	23.76
2000	1.22	8.16	26.67	2000	0.88	5.87	26.65	2000	0.58	3.83	26.41
2200	1.30	8.70	29.33	2200	1.02	6.81	29.31	2200	0.61	4.03	29.05
2400	1.33	8.90	32.00	2400	1.15	7.68	31.98	2400	0.73	4.82	31.69
2600	1.42	9.50	34.67	2600	1.26	8.41	34.64	2600	0.82	5.41	34.33
2800	1.47	9.83	37.33	2800	1.35	9.01	37.31	2800	0.95	6.27	36.97
2840	1.50	10.03	37.87	3000	1.40	9.35	39.97	3000	1.00	6.60	39.61
				3140	1.43	9.55	41.84	3200	1.23	8.12	42.25

Figura N° 13: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 0.5 % de V.A a edad de 7 días.

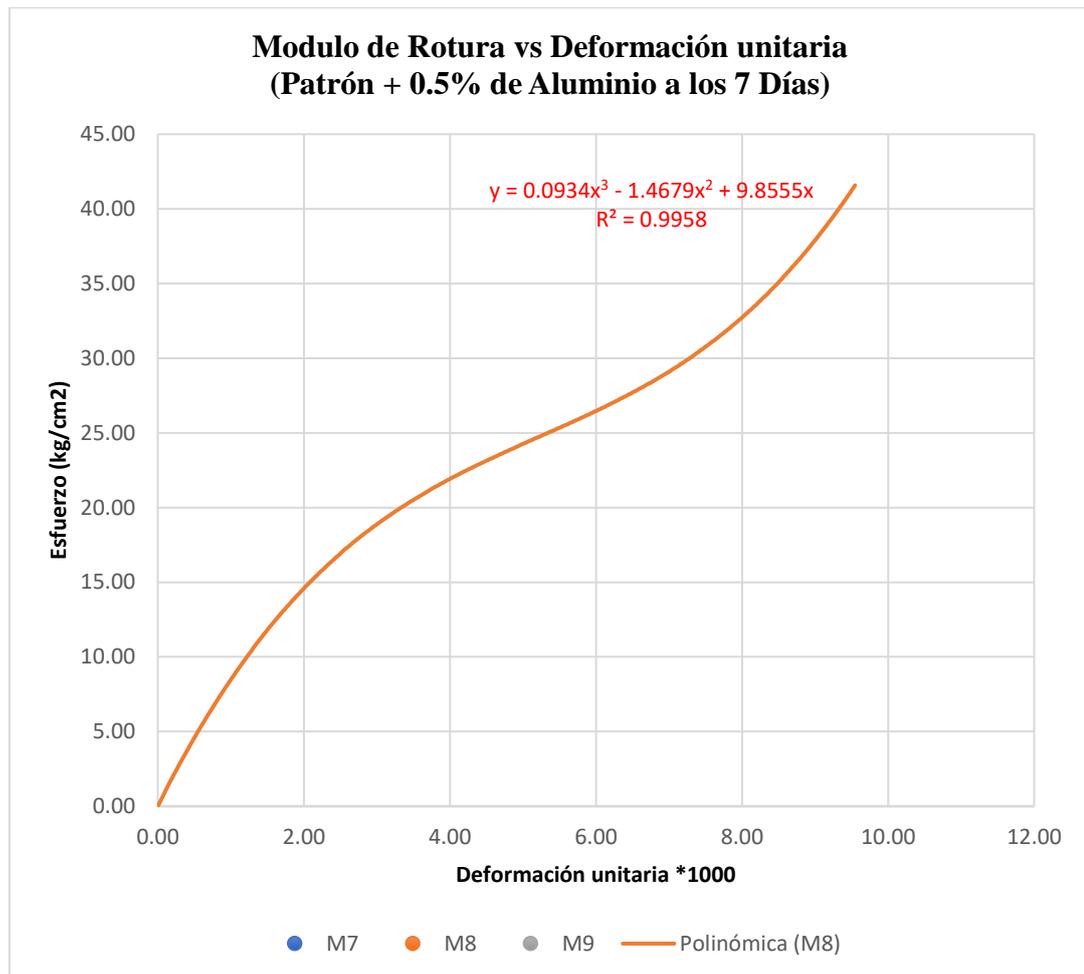


Tabla N° 59: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 1.5 % de V.A a edad de 7 días.

Patrón + 1.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 1.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 1.5% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M13	45	14.96	15.25	M14	45	15.12	15.24	M15	45	15.05	15.20
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	2.59	200	0.00	0.00	2.56	200	0.00	0.00	2.59
400	0.04	0.26	5.17	400	0.06	0.39	5.13	400	0.00	0.00	5.18
600	0.06	0.39	7.76	600	0.12	0.79	7.69	600	0.00	0.00	7.76
800	0.18	1.18	10.35	800	0.28	1.84	10.25	800	0.02	0.13	10.35
1000	0.24	1.57	12.93	1000	0.41	2.69	12.81	1000	0.04	0.26	12.94
1200	0.36	2.36	15.52	1200	0.56	3.67	15.38	1200	0.13	0.86	15.53
1400	0.43	2.82	18.11	1400	0.65	4.27	17.94	1400	0.19	1.25	18.12
1600	0.49	3.21	20.69	1600	0.73	4.79	20.50	1600	0.21	1.38	20.71
1800	0.54	3.54	23.28	1800	0.78	5.12	23.07	1800	0.26	1.71	23.29
2000	0.59	3.87	25.87	2000	0.83	5.45	25.63	2000	0.36	2.37	25.88
2200	0.65	4.26	28.46	2200	0.92	6.04	28.19	2200	0.43	2.83	28.47
2400	0.70	4.59	31.04	2400	1.05	6.89	30.75	2400	0.53	3.49	31.06
2600	0.73	4.79	33.63	2600	1.11	7.28	33.32	2600	0.58	3.82	33.65
2800	0.82	5.38	36.22	2800	1.21	7.94	35.88	2800	0.69	4.54	36.24
3000	0.87	5.70	38.80	3000	1.27	8.33	38.44	3000	0.74	4.87	38.82
3200	0.89	5.84	41.39	3040	1.36	8.92	38.96	3100	0.86	5.66	40.12

Figura N° 14: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 1.5 % de V.A a edad de 7 días.

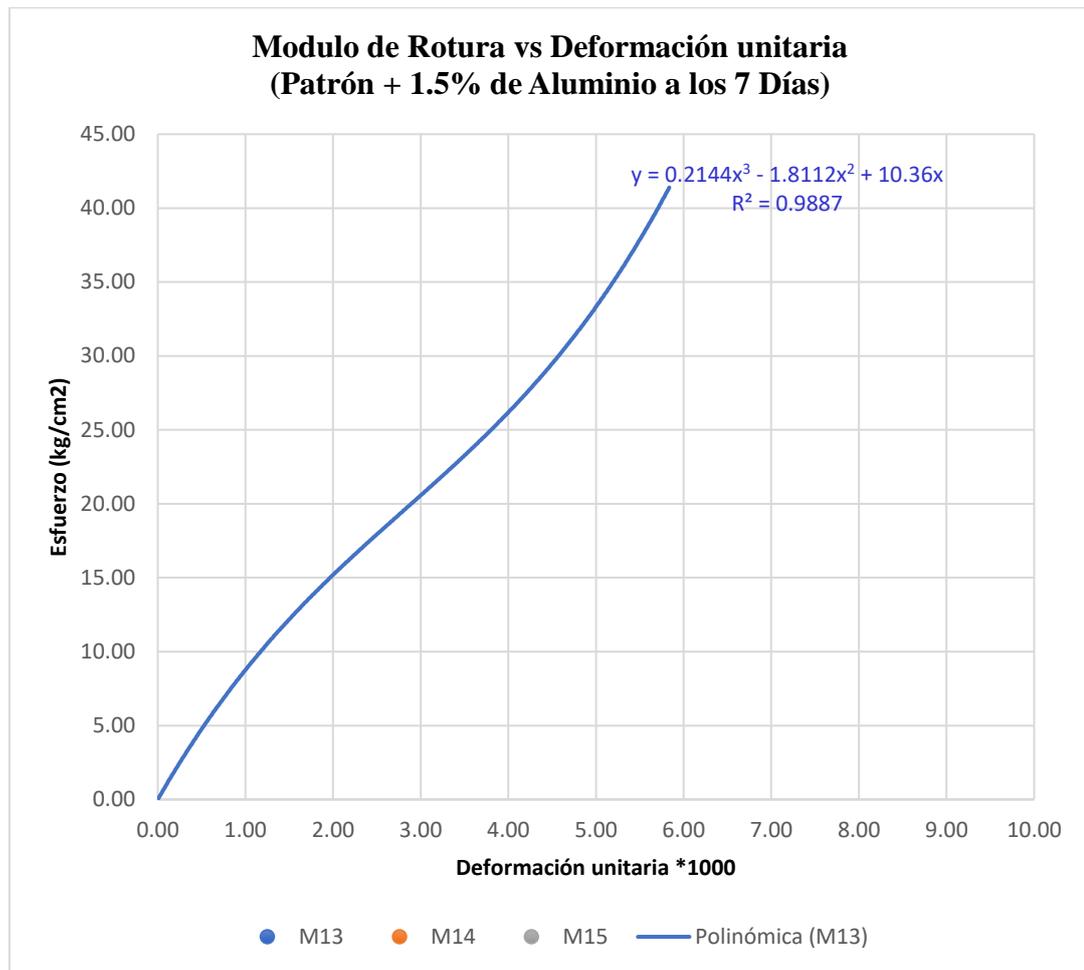


Tabla N° 60: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 3 % de V.A a edad de 7 días.

Patrón + 3% de viruta de Aluminio				Patrón + 3% de viruta de Aluminio				Patrón + 3% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M19	45	15.05	15.25	M20	45	15.15	15.45	M21	45	14.95	15.40
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	2.57	200	0.00	0.00	2.49	200	0.00	0.00	2.54
400	0.08	0.52	5.14	400	0.00	0.00	4.98	400	0.00	0.00	5.08
600	0.12	0.79	7.71	600	0.00	0.00	7.47	600	0.00	0.00	7.62
800	0.43	2.82	10.29	800	0.05	0.32	9.95	800	0.09	0.58	10.15
1000	0.61	4.00	12.86	1000	0.10	0.65	12.44	1000	0.42	2.73	12.69
1200	0.76	4.98	15.43	1200	0.21	1.36	14.93	1200	0.57	3.70	15.23
1400	0.94	6.16	18.00	1400	0.34	2.20	17.42	1400	0.75	4.87	17.77
1600	1.12	7.34	20.57	1600	0.50	3.24	19.91	1600	0.86	5.58	20.31
1800	1.29	8.46	23.14	1800	0.61	3.95	22.40	1800	0.97	6.30	22.85
2000	1.42	9.31	25.71	2000	0.71	4.60	24.89	2000	1.04	6.75	25.38
2200	1.54	10.10	28.29	2200	0.82	5.31	27.38	2200	1.16	7.53	27.92
2400	1.58	10.36	30.86	2400	0.93	6.02	29.86	2400	1.33	8.64	30.46
2600	1.63	10.69	33.43	2600	1.06	6.86	32.35	2600	1.42	9.22	33.00
2800	1.75	11.48	36.00	2800	1.15	7.44	34.84	2800	1.48	9.61	35.54
3000	1.82	11.93	38.57	3000	1.23	7.96	37.33	3000	1.55	10.06	38.08
3060	1.93	12.66	39.34	3100	1.32	8.54	38.57	3020	1.62	10.52	38.33

Figura N° 15: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 3 % de V.A a edad de 7 días.

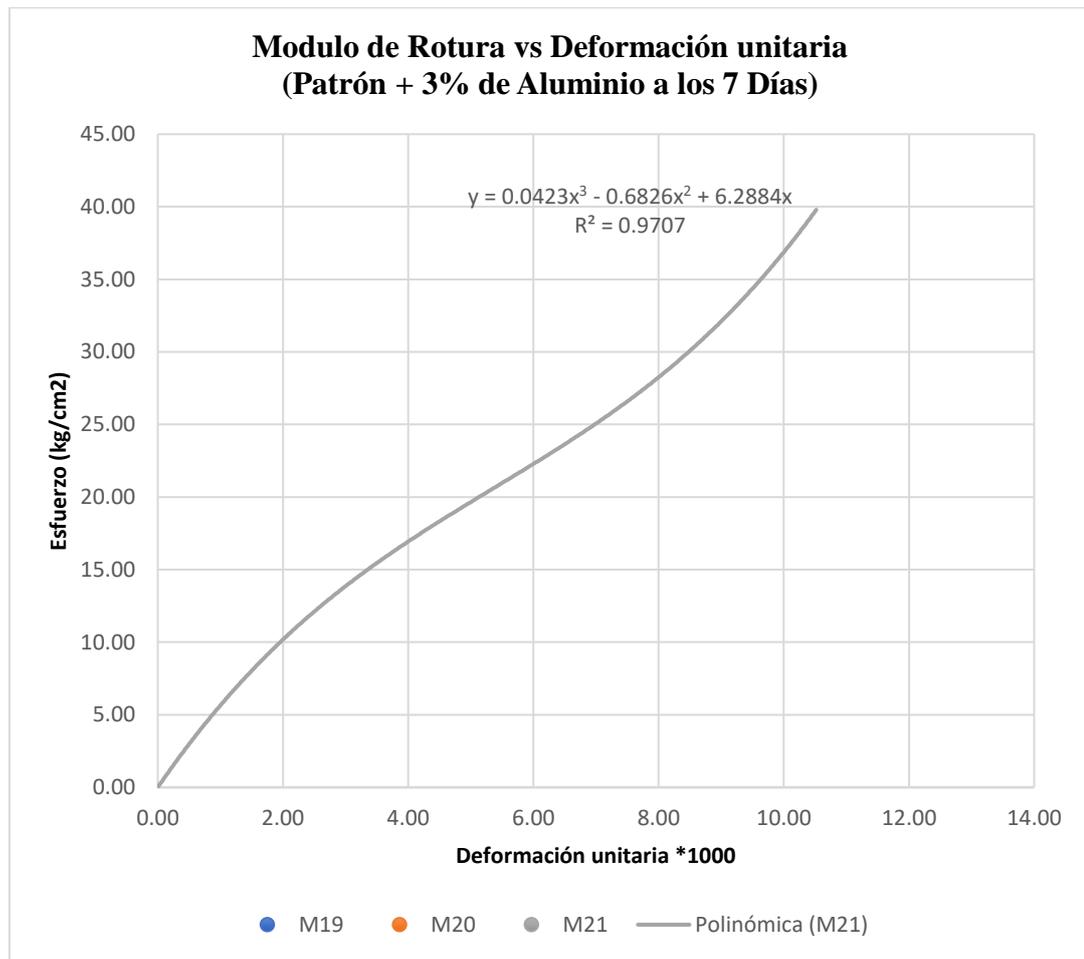


Tabla N° 61: Resumen del Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón y con adición de 0.5 %, 1.5% y 3% de V.A a edad de 7 días.

Patrón + 0% de viruta de Aluminio				Patrón + 0.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 1.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 3% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M3	45	14.80	15.25	M2	45	15.05	14.98	M1	45	14.96	15.25	M2	45	14.95	15.40
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	2.54	200	0.00	0.00	2.66	200	0.00	0.00	2.59	200	0.00	0.00	2.49
400	0.06	0.39	5.08	400	0.07	0.47	5.33	400	0.04	0.26	5.17	400	0.00	0.00	4.98
600	0.23	1.50	7.61	600	0.16	1.07	7.99	600	0.06	0.39	7.76	600	0.00	0.00	7.47
800	0.36	2.35	10.15	800	0.18	1.20	10.66	800	0.18	1.18	10.35	800	0.05	0.32	9.95
1000	0.46	3.01	12.69	1000	0.24	1.60	13.32	1000	0.24	1.57	12.93	1000	0.10	0.65	12.44
1200	0.53	3.46	15.23	1200	0.32	2.14	15.99	1200	0.36	2.36	15.52	1200	0.21	1.36	14.93
1400	0.61	3.99	17.76	1400	0.48	3.20	18.65	1400	0.43	2.82	18.11	1400	0.34	2.20	17.42
1600	0.72	4.71	20.30	1600	0.61	4.07	21.32	1600	0.49	3.21	20.69	1600	0.50	3.24	19.91
1800	0.80	5.23	22.84	1800	0.79	5.27	23.98	1800	0.54	3.54	23.28	1800	0.61	3.95	22.40
2000	0.88	5.75	25.38	2000	0.88	5.87	26.65	2000	0.59	3.87	25.87	2000	0.71	4.60	24.89
2200	1.04	6.80	27.92	2200	1.02	6.81	29.31	2200	0.65	4.26	28.46	2200	0.82	5.31	27.38
2400	1.08	7.06	30.45	2400	1.15	7.68	31.98	2400	0.70	4.59	31.04	2400	0.93	6.02	29.86
2600	1.11	7.25	32.99	2600	1.26	8.41	34.64	2600	0.73	4.79	33.63	2600	1.06	6.86	32.35
2800	1.20	7.84	35.53	2800	1.35	9.01	37.31	2800	0.82	5.38	36.22	2800	1.15	7.44	34.84
3000	1.24	8.10	38.07	3000	1.40	9.35	39.97	3000	0.87	5.70	38.80	3000	1.23	7.96	37.33
				3140	1.43	9.55	41.84	3200	0.89	5.84	41.39	3100	1.32	8.54	38.57

Figura N° 16: Gráfica Resumen Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición de 0.5 %, 1.5% y 3% de V.A a edad de 7 días.

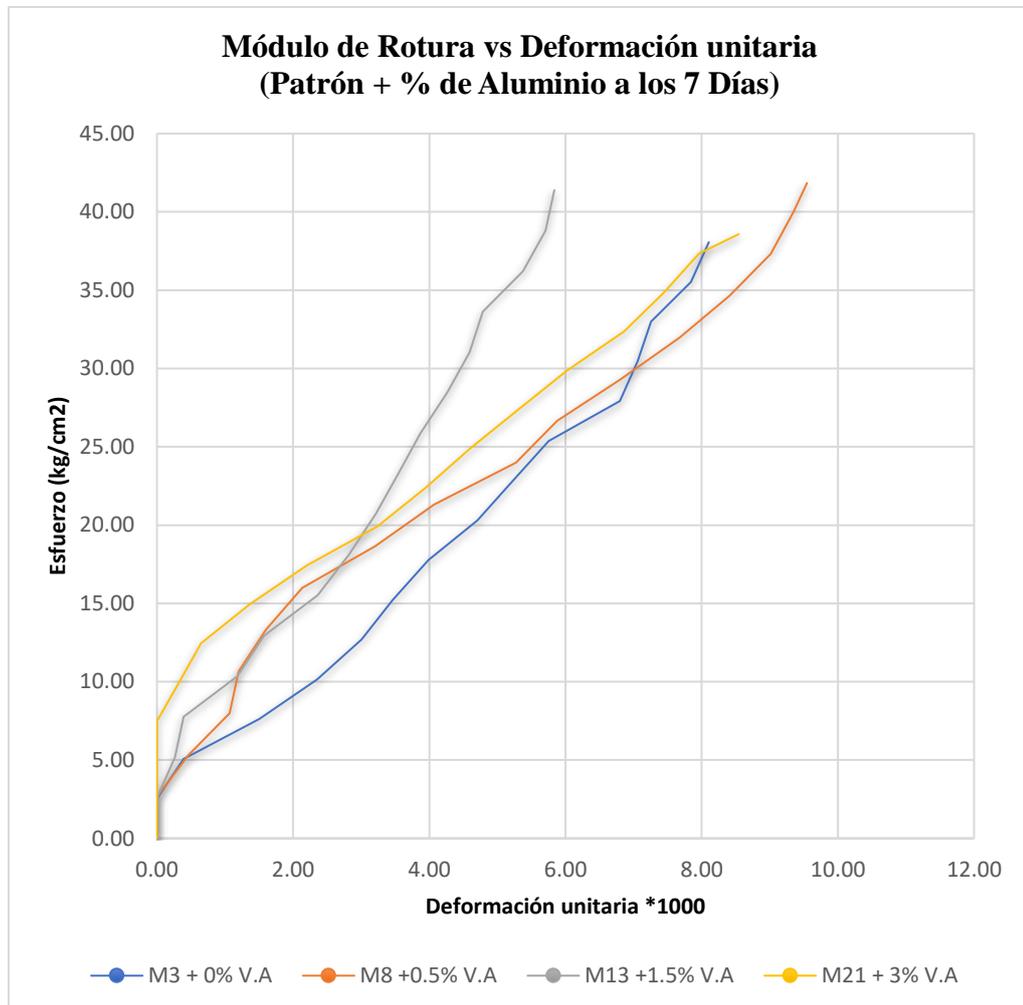


Tabla N° 62: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón a edad de 28 días.

Patrón + 0% de viruta de Aluminio				Patrón + 0% de viruta de Aluminio				Patrón + 0% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M1	45	15.12	15.00	M2	45	15.10	15.01	M3	45	15.09	15.19
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.02	0.1	2.65	200	0.00	0.00	2.65	200	0.00	0.00	2.59
400	0.08	0.5	5.29	400	0.00	0.00	5.29	400	0.00	0.00	5.17
600	0.17	1.1	7.94	600	0.00	0.00	7.94	600	0.02	0.13	7.76
800	0.24	1.6	10.58	800	0.06	0.40	10.59	800	0.05	0.33	10.34
1000	0.30	2.0	13.23	1000	0.16	1.07	13.23	1000	0.12	0.79	12.93
1200	0.35	2.3	15.87	1200	0.27	1.80	15.88	1200	0.16	1.05	15.51
1400	0.42	2.8	18.52	1400	0.34	2.27	18.52	1400	0.20	1.32	18.10
1600	0.49	3.3	21.16	1600	0.43	2.86	21.17	1600	0.27	1.78	20.69
1800	0.57	3.8	23.81	1800	0.55	3.66	23.82	1800	0.36	2.37	23.27
2000	0.68	4.5	26.46	2000	0.63	4.20	26.46	2000	0.40	2.63	25.86
2200	0.80	5.3	29.10	2200	0.73	4.86	29.11	2200	0.45	2.96	28.44
2400	1.02	6.8	31.75	2400	0.81	5.40	31.76	2400	0.51	3.36	31.03
2600	1.06	7.1	34.39	2600	0.90	6.00	34.40	2600	0.55	3.62	33.61
2800	1.11	7.4	37.04	2800	0.95	6.33	37.05	2800	0.66	4.34	36.20
3000	1.19	7.9	39.68	3000	1.03	6.86	39.70	3000	0.79	5.20	38.79
3080	1.22	8.1	40.74					3200	0.90	5.92	41.37
								3220	0.96	6.32	41.63

Figura N° 17: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto patrón a edad de 28 días.

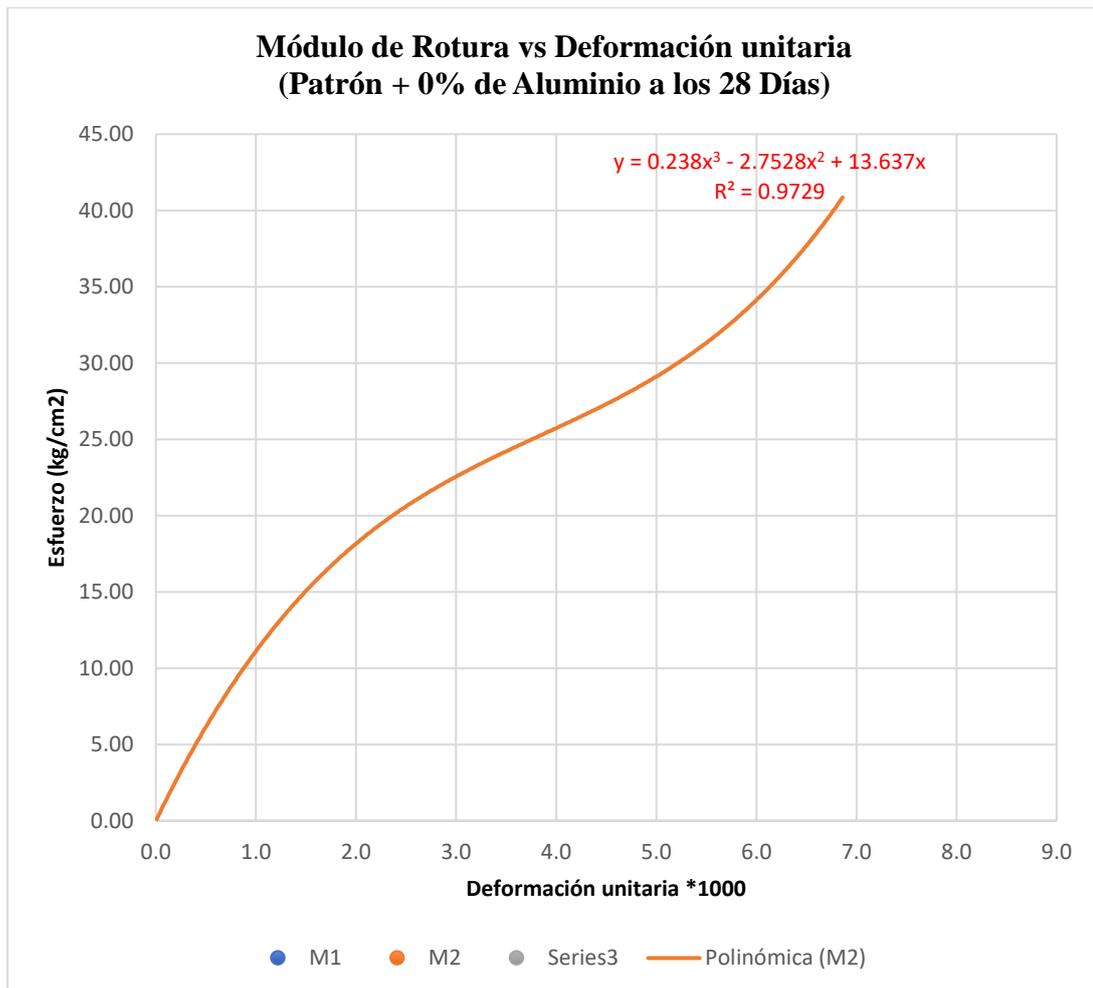


Tabla N° 63: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 0.5% de V.A a edad de 28 días.

Patrón + 0.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 0.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 0.5% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M7	45	15.15	15.22	M8	45	14.96	15.12	M9	45	15.25	15.20
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.01	0.07	2.56	200	0.00	0.00	2.63	200	0.00	0.00	2.56
400	0.10	0.66	5.13	400	0.06	0.40	5.27	400	0.00	0.00	5.11
600	0.16	1.05	7.69	600	0.19	1.26	7.90	600	0.00	0.00	7.67
800	0.24	1.58	10.26	800	0.38	2.51	10.54	800	0.00	0.00	10.23
1000	0.34	2.23	12.82	1000	0.50	3.31	13.17	1000	0.02	0.13	12.78
1200	0.41	2.69	15.39	1200	0.61	4.04	15.80	1200	0.11	0.72	15.34
1400	0.47	3.09	17.95	1400	0.72	4.76	18.44	1400	0.23	1.51	17.90
1600	0.52	3.42	20.52	1600	0.81	5.36	21.07	1600	0.30	1.97	20.46
1800	0.58	3.81	23.08	1800	0.90	5.95	23.71	1800	0.37	2.44	23.01
2000	0.61	4.01	25.64	2000	0.96	6.35	26.34	2000	0.44	2.90	25.57
2200	0.64	4.20	28.21	2200	1.03	6.81	28.98	2200	0.50	3.29	28.13
2400	0.70	4.60	30.77	2400	1.10	7.28	31.61	2400	0.56	3.69	30.68
2600	0.75	4.93	33.34	2600	1.17	7.74	34.24	2600	0.62	4.08	33.24
2800	0.80	5.26	35.90	2800	1.22	8.07	36.88	2800	0.67	4.41	35.80
3100	0.86	5.65	39.75	3000	1.29	8.53	39.51	3000	0.73	4.80	38.35
				3040	1.31	8.67	40.04	3200	0.79	5.20	40.91
								3220	0.80	5.26	41.17

Figura N° 18: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 0.5% de V.A a edad de 28 días.

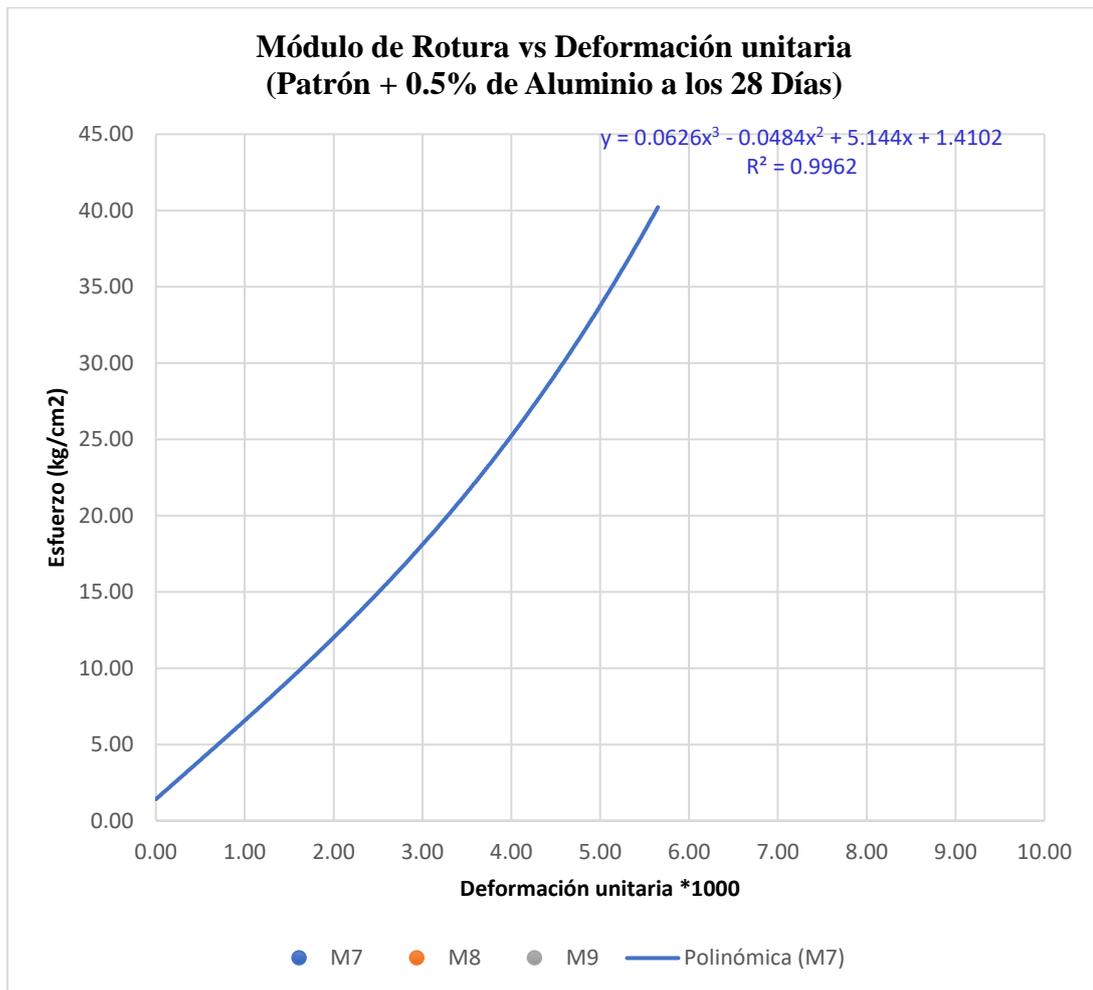


Tabla N° 64: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 1.5% de V.A a edad de 28 días.

Patrón + 1.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 1.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 1.5% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M13	45	15.11	15.31	M14	45	15.27	15.39	M15	45	15.13	15.45
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	2.54	200	0.00	0.00	2.49	200	0.12	0.78	2.49
400	0.00	0.00	5.08	400	0.01	0.06	4.98	400	0.18	1.17	4.98
600	0.00	0.00	7.63	600	0.08	0.52	7.47	600	0.26	1.68	7.48
800	0.00	0.00	10.17	800	0.10	0.65	9.96	800	0.34	2.20	9.97
1000	0.00	0.00	12.71	1000	0.11	0.71	12.45	1000	0.38	2.46	12.46
1200	0.00	0.00	15.25	1200	0.12	0.78	14.94	1200	0.41	2.65	14.95
1400	0.00	0.00	17.79	1400	0.19	1.23	17.42	1400	0.43	2.78	17.44
1600	0.02	0.13	20.34	1600	0.27	1.75	19.91	1600	0.45	2.91	19.94
1800	0.08	0.52	22.88	1800	0.31	2.01	22.40	1800	0.48	3.11	22.43
2000	0.14	0.91	25.42	2000	0.35	2.27	24.89	2000	0.51	3.30	24.92
2200	0.21	1.37	27.96	2200	0.40	2.60	27.38	2200	0.57	3.69	27.41
2400	0.27	1.76	30.50	2400	0.46	2.99	29.87	2400	0.60	3.88	29.90
2600	0.34	2.22	33.05	2600	0.53	3.44	32.36	2600	0.65	4.21	32.40
2800	0.40	2.61	35.59	2800	0.59	3.83	34.85	2800	0.70	4.53	34.89
3000	0.45	2.94	38.13	3000	0.63	4.09	37.34	3000	0.81	5.24	37.38
3200	0.51	3.33	40.67	3200	0.70	4.55	39.83	3200	0.92	5.95	39.87
3400	0.57	3.72	43.21	3400	0.76	4.94	42.32	3400	0.98	6.34	42.36
3600	0.62	4.05	45.76	3540	0.84	5.46	44.06	3600	1.01	6.54	44.86
3720	0.74	4.83	47.28					3800	1.05	6.80	47.35

Figura N° 19: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 1.5% de V.A a edad de 28 días.

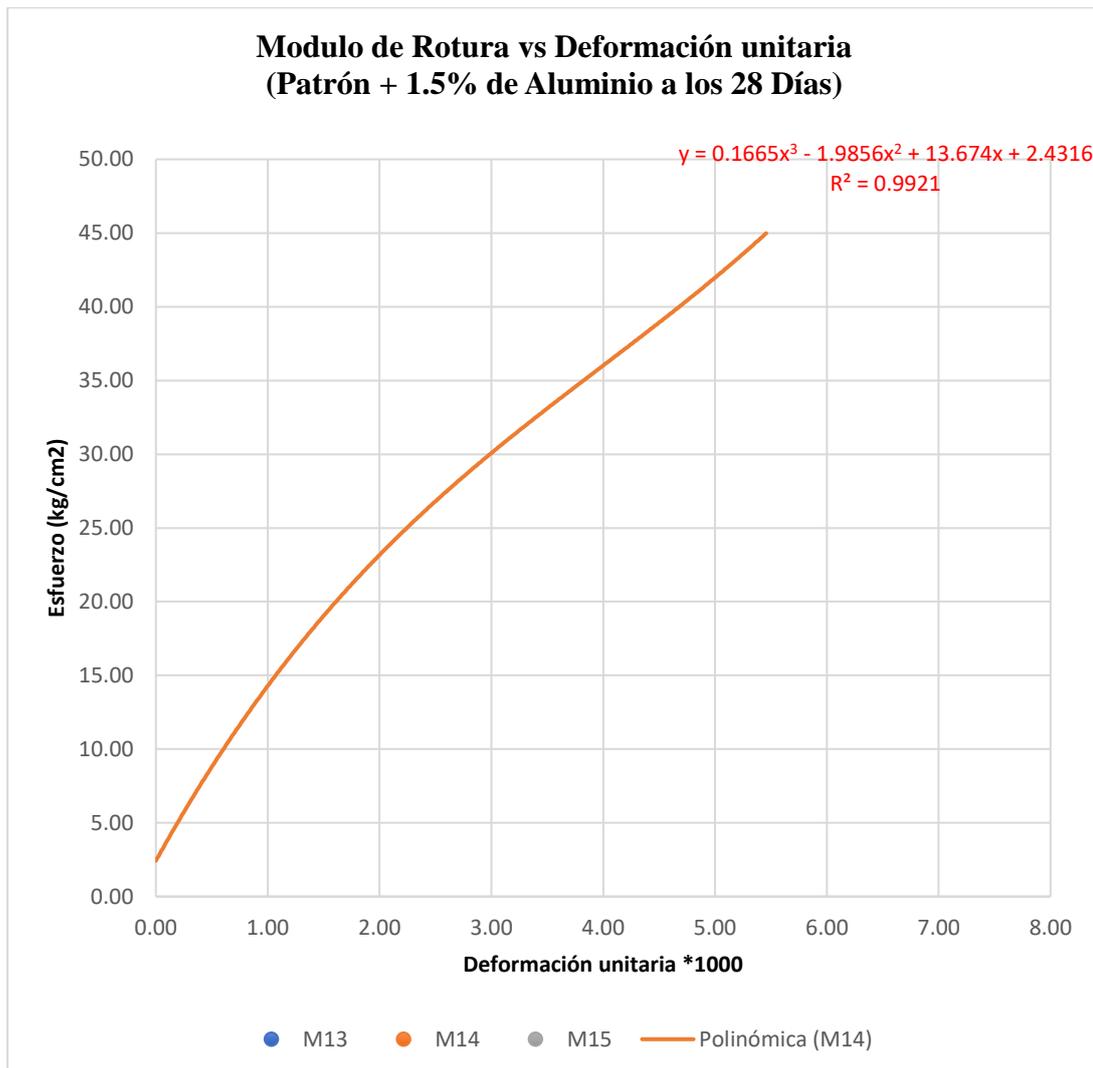


Tabla N° 65: Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 3% de V.A a edad de 28 días.

Patrón + 3% de viruta de Aluminio				Patrón + 3% de viruta de Aluminio				Patrón + 3% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M19	45	15.10	15.28	M20	45	14.92	15.37	M21	45	15.24	15.49
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	2.55	200	0.00	0.00	2.56	200	0.00	0.00	2.46
400	0.00	0.00	5.11	400	0.01	0.07	5.11	400	0.00	0.00	4.92
600	0.02	0.13	7.66	600	0.15	0.98	7.67	600	0.00	0.00	7.38
800	0.16	1.05	10.21	800	0.24	1.56	10.22	800	0.03	0.19	9.84
1000	0.25	1.64	12.77	1000	0.34	2.21	12.78	1000	0.06	0.39	12.31
1200	0.37	2.42	15.32	1200	0.43	2.80	15.34	1200	0.19	1.23	14.77
1400	0.46	3.01	17.88	1400	0.52	3.38	17.89	1400	0.26	1.68	17.23
1600	0.57	3.73	20.43	1600	0.60	3.90	20.45	1600	0.37	2.39	19.69
1800	0.69	4.52	22.98	1800	0.69	4.49	23.00	1800	0.48	3.10	22.15
2000	0.78	5.10	25.54	2000	0.77	5.01	25.56	2000	0.57	3.68	24.61
2200	0.88	5.76	28.09	2200	0.84	5.47	28.12	2200	0.66	4.26	27.07
2400	0.95	6.22	30.64	2400	0.90	5.86	30.67	2400	0.79	5.10	29.53
2600	1.02	6.68	33.20	2600	0.96	6.25	33.23	2600	0.94	6.07	32.00
2800	1.10	7.20	35.75	2800	1.02	6.64	35.78	2800	1.04	6.71	34.46
3000	1.17	7.66	38.30	3000	1.07	6.96	38.34	3000	1.12	7.23	36.92
3200	1.28	8.38	40.86	3200	1.13	7.35	40.90	3200	1.21	7.81	39.38
3400	1.36	8.90	43.41	3280	1.16	7.55	41.92	3400	1.29	8.33	41.84
								3500	1.35	8.72	43.07

Figura N° 20: Gráfica Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria Para concreto con adición 3% de V.A a edad de 28 días.

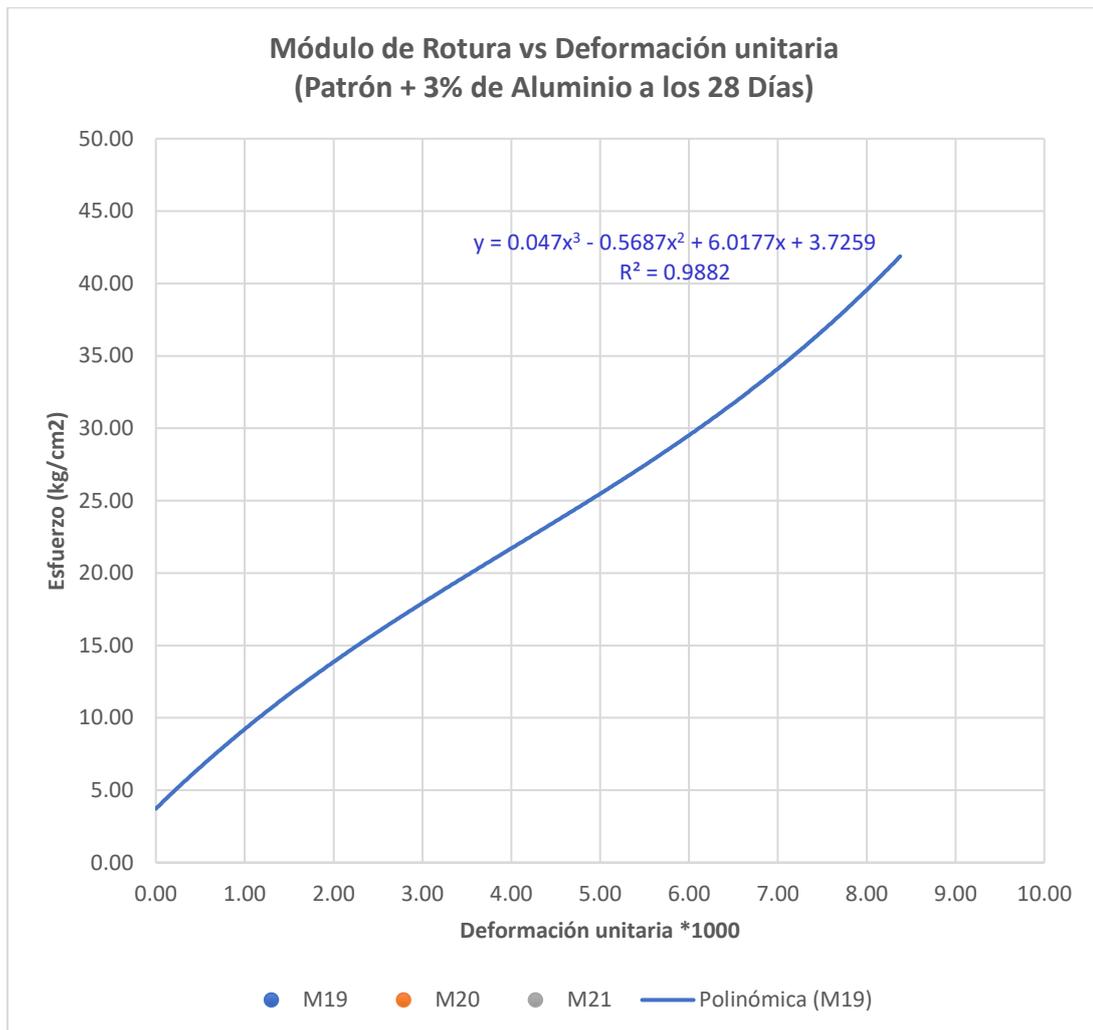
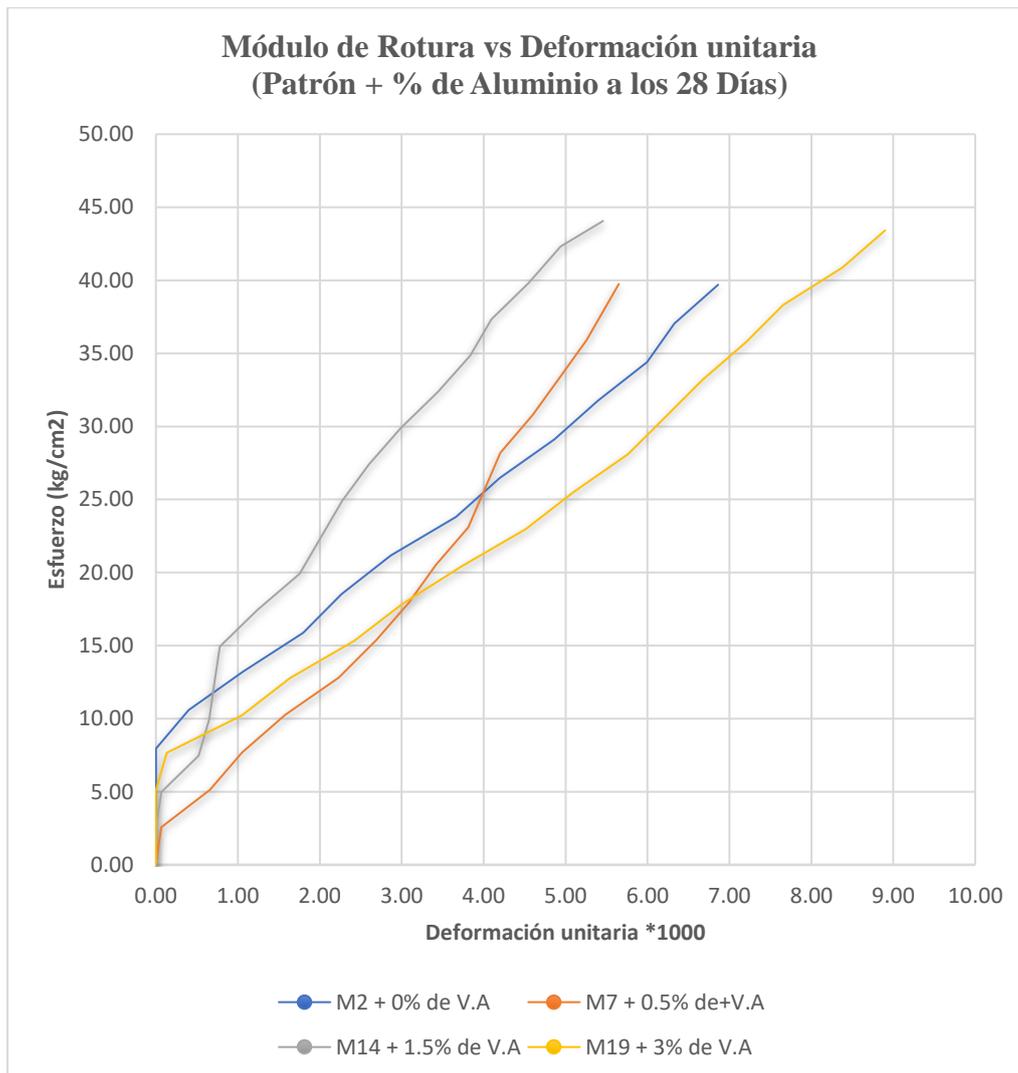


Tabla N° 66: Resumen Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria para concreto patrón y con adición de 0.5, 1.5 y 3% de Viruta de Aluminio.

Patrón + 0% de viruta de Aluminio				Patrón + 0.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 1.5% de viruta de Aluminio				Patrón + 3% de viruta de Aluminio			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M2	45	15.10	15.01	M1	45	15.15	15.22	M2	45	15.27	15.39	M1	45	15.10	15.28
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	2.65	200	0.01	0.07	2.56	200	0.00	0.00	2.49	200	0.00	0.00	2.55
400	0.00	0.00	5.29	400	0.10	0.66	5.13	400	0.01	0.06	4.98	400	0.00	0.00	5.11
600	0.00	0.00	7.94	600	0.16	1.05	7.69	600	0.08	0.52	7.47	600	0.02	0.13	7.66
800	0.06	0.40	10.59	800	0.24	1.58	10.26	800	0.10	0.65	9.96	800	0.16	1.05	10.21
1000	0.16	1.07	13.23	1000	0.34	2.23	12.82	1000	0.11	0.71	12.45	1000	0.25	1.64	12.77
1200	0.27	1.80	15.88	1200	0.41	2.69	15.39	1200	0.12	0.78	14.94	1200	0.37	2.42	15.32
1400	0.34	2.27	18.52	1400	0.47	3.09	17.95	1400	0.19	1.23	17.42	1400	0.46	3.01	17.88
1600	0.43	2.86	21.17	1600	0.52	3.42	20.52	1600	0.27	1.75	19.91	1600	0.57	3.73	20.43
1800	0.55	3.66	23.82	1800	0.58	3.81	23.08	1800	0.31	2.01	22.40	1800	0.69	4.52	22.98
2000	0.63	4.20	26.46	2000	0.61	4.01	25.64	2000	0.35	2.27	24.89	2000	0.78	5.10	25.54
2200	0.73	4.86	29.11	2200	0.64	4.20	28.21	2200	0.40	2.60	27.38	2200	0.88	5.76	28.09
2400	0.81	5.40	31.76	2400	0.70	4.60	30.77	2400	0.46	2.99	29.87	2400	0.95	6.22	30.64
2600	0.90	6.00	34.40	2600	0.75	4.93	33.34	2600	0.53	3.44	32.36	2600	1.02	6.68	33.20
2800	0.95	6.33	37.05	2800	0.80	5.26	35.90	2800	0.59	3.83	34.85	2800	1.10	7.20	35.75
3000	1.03	6.86	39.70	3100	0.86	5.65	39.75	3000	0.63	4.09	37.34	3000	1.17	7.66	38.30
								3200	0.70	4.55	39.83	3200	1.28	8.38	40.86
								3400	0.76	4.94	42.32	3400	1.36	8.90	43.41
								3540	0.84	5.46	44.06				

Figura N° 21: Gráfica Resumen Módulo de Rotura vs Deformación Unitaria para concreto patrón y con adición de 0.5, 1.5 y 3% de Viruta de Aluminio.



ANEXO N° 05: CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



EL JEFE DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:

CONSTANCIA

Consta por el presente que el **Bach. CERDÁN RAMOS HOSMEÑO MARTÍN**, Exalumno de la Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca ha realizado en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz" las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo en áridos Af y Ag, (contenido de humedad, granulometría, gravedad específica, peso unitario suelto y compactado).
02	Elaboración testigos cilíndricos de 15x30 cm, testigos prismáticos 15x15x50 cm.
03	Ensayo a compresión y flexión.

Para la Tesis Titulada: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE VIRUTA DE ALUMINIO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO DE $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA". Dichas actividades se desarrollaron entre el 15/02/2023 al 09/05/2023.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 15 de mayo de 2023.

Atentamente:

c.c. a:
_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Cerdán Vargass
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANEXO N° 06: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



Pacasmayo

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

Cemento Pórtland Tipo I

13 de enero de 2023

Periodo de despacho 01 de diciembre de 2022 - 31 de diciembre de 2022

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.4
SO ₃ (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.0
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.5

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	9
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3960
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.10
Densidad (g/cm ³)	Λ	3.11
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	Λ	14.6
3 días	12.0 mín.	27.7
7 días	19.0 mín.	33.7
28 días *	28.0 mín.	42.0
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	145
Final	375 máx.	260

Λ No especifica

* Requisito opcional

El (la) RC 28 días corresponde al mes de noviembre del 2022

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2020.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S. A. A.

CEMENTO TIPO I “ESTRUCTURAL”



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Tipo I. Gracias a su nuevo diseño de Clinker, se logra un concreto más durable brindando alta resistencia a todas las edades.



USOS

- Cemento de uso general.

ATRIBUTOS

Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

RECOMENDACIONES



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Resistencia a la compresión (psi)

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150



Cemento Portland tipo I

Requisitos Normalizados

NTP 334.009 / ASTM C150

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO ₃	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUERIMIENTOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días ⁽¹⁾	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

(1) Requisito opcional.

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 11M.



Fecha y hora de envasado: para que utilices el cemento más fresco



Fecha de vencimiento: para aprovechar de mejor manera sus propiedades

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

ANEXO N°7 PANEL FOTOGRÁFICO

Figura N° 22: Viruta de Aluminio Reciclada



Figura N° 23: Análisis granulométrico del agregado fino.



Figura N° 24: Análisis Granulométrico del agregado grueso.



Figura N° 25: Peso específico del agregado grueso.



Figura N° 26: Peso específico del agregado fino.



Figura N° 27: Determinación del contenido de humedad del de los agregados



Figura N° 28: Peso unitario seco compactado del agregado grueso.



Figura N° 29: Peso unitario suelto del agregado grueso.



Figura N° 30: Peso unitario suelto del agregado fino.



Figura N° 31: Peso unitario compactado del agregado fino



Figura 32: Determinación del Asentamiento del concreto.



Figura N° 33: Peso Unitario del concreto en estado Fresco



Figura N° 34: Control de Temperatura del Concreto fresco.



Figura N° 35: Elaboración de los especímenes de concreto



Figura N° 36: Rotura de Probetas a Compresión



Figura N° 37: Rotura de probetas a Flexión

