

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HUANCAVELICA**



TESIS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A
LA FLEXIÓN DEL CONCRETO $F'_{C}=210\text{KG}/\text{CM}^2$,
ELABORADO CON PIEDRA CHANCADA Y CANTO
RODADO EN LA CIUDAD DE HUANCAVELICA - 2018”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tecnología del concreto

PRESENTADO POR:

Bach. CONDOR VARGAS, Sheyla Neftali

Bach. PARIONA UCHUYPOMA, Karen Rosario

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

HUANCAVELICA, PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 09 días del mes de julio del año 2019, a horas 6:15 p.m., se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO (PRESIDENTE)**, **M.Sc. Marco Antonio LÓPEZ BARRANTES (SECRETARIO)**, **Arq. Abdón Dante OLIVERA QUINTANILLA (VOCAL)**, designados con Resolución de Decano N° 110-2018-FCI-UNH, de fecha 03 de setiembre del 2018 y ratificados con Resolución de Decano N° 109-2019-FCI-UNH de fecha 05 de julio del 2019, a fin de proceder con la calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C=210KG/CM², ELABORADO CON PIEDRA CHANCADA Y CANTO RODADO EN LA CIUDAD DE HUANCAVELICA-2018", presentada por las Bachilleres **Sheyla Neftali CONDOR VARGAS** y **Karen Rosario PARIONA UCHUYPOMA**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del **Ing. Carlos GASPAS PACO** como Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas 6:50 PM; se invitó al público presente y las sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

Sheyla Neftali CONDOR VARGAS

APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

Karen Rosario PARIONA UCHUYPOMA

APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

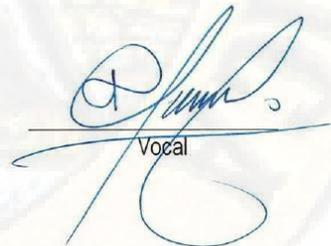
En señal de conformidad, firmamos a continuación:



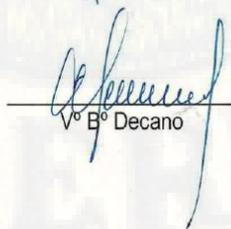
Presidente



Secretario



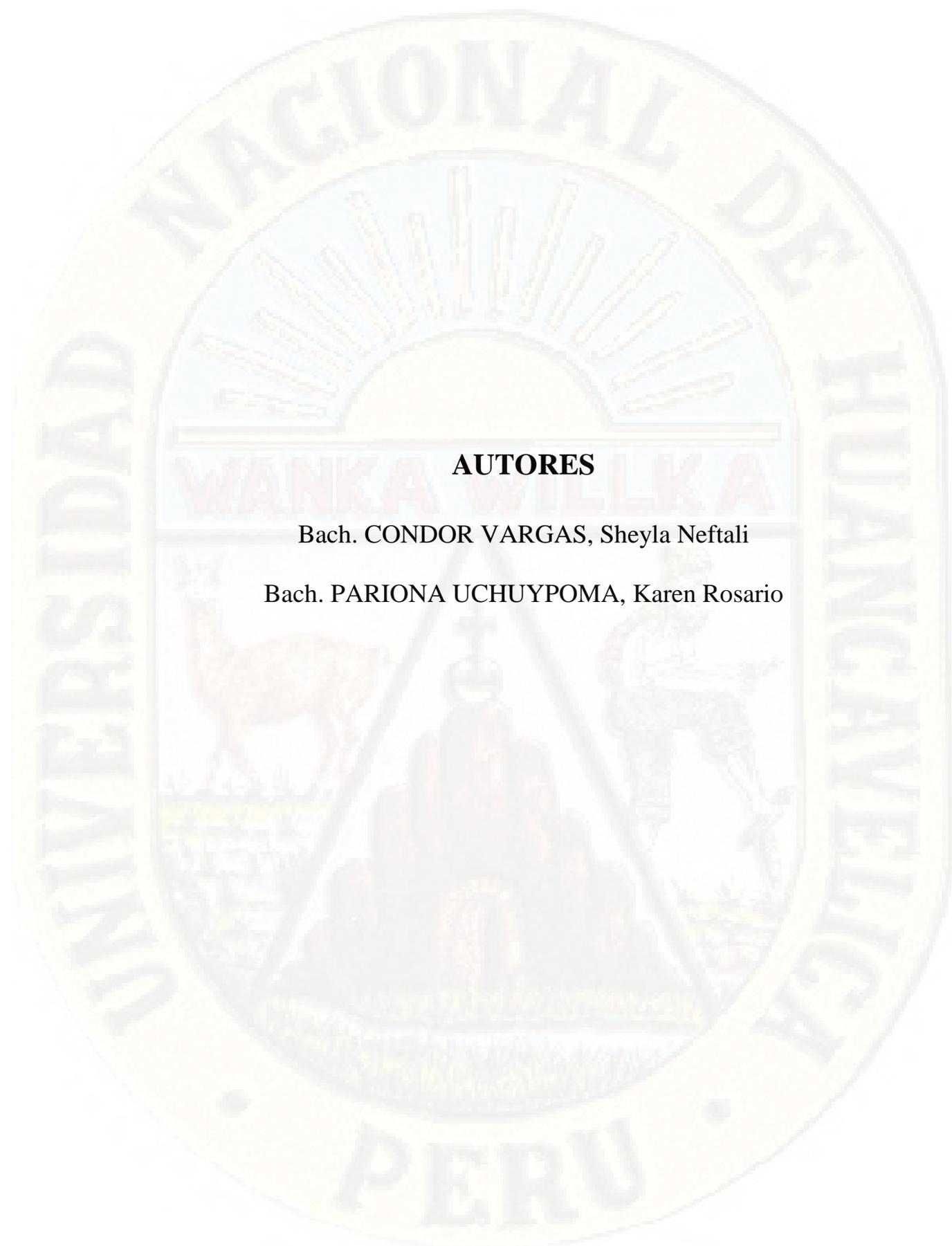
Vocal



Vº Bº Decano

The background of the page features a large, faint watermark of the seal of the Universidad Nacional de Huancavelica, Peru. The seal is circular and contains a sun with rays, a mountain range, and a river. The text 'UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA' is written around the top half of the seal, and 'PERU' is at the bottom.

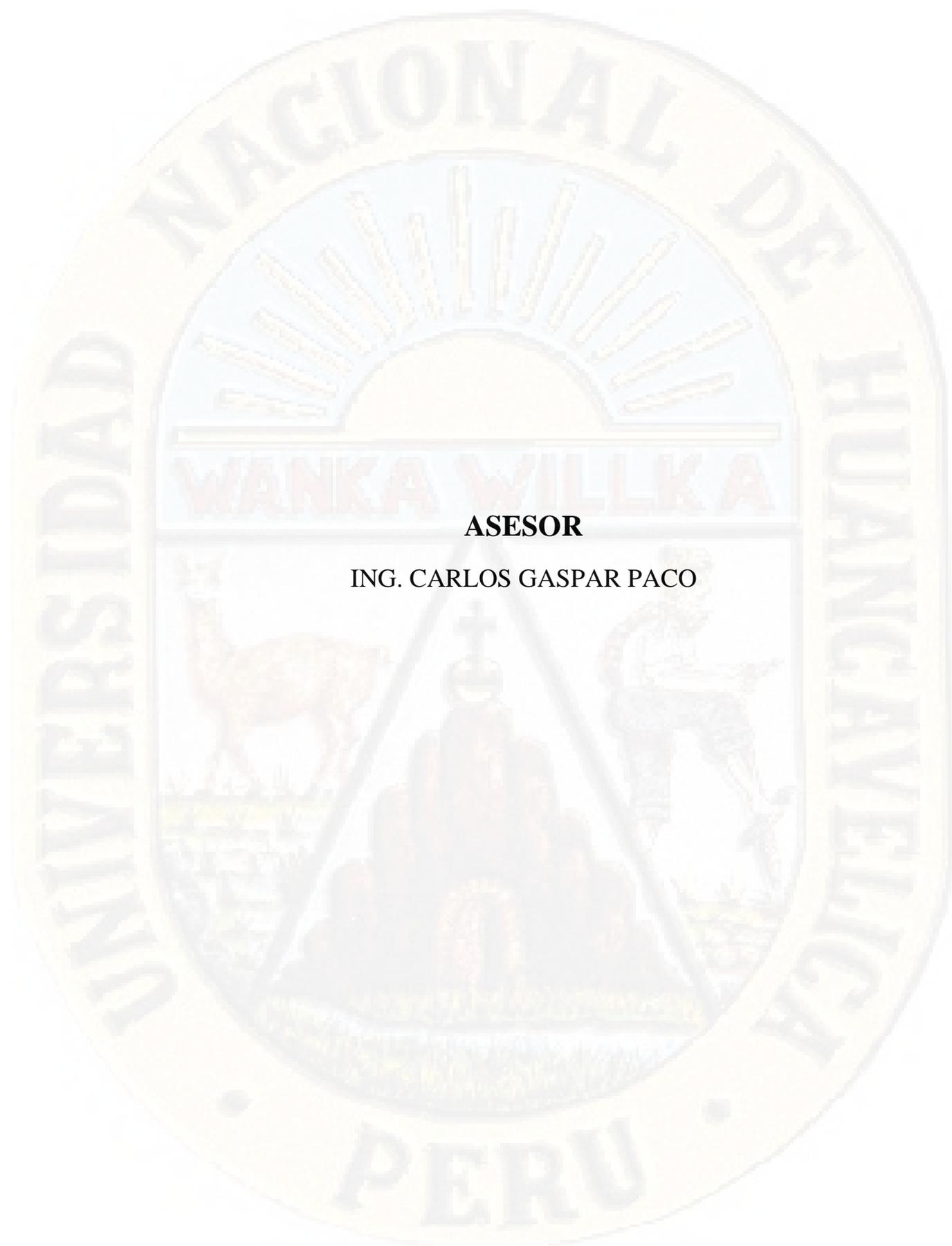
**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO
F´C=210KG/CM², ELABORADO CON PIEDRA
CHANCADA Y CANTO RODADO EN LA
CIUDAD DE HUANCVELICA - 2018”**



AUTORES

Bach. CONDOR VARGAS, Sheyla Neftali

Bach. PARIONA UCHUYPOMA, Karen Rosario



ASESOR

ING. CARLOS GASPAR PACO

DEDICATORIA

A mis padres Carlos y Doris, que son las personas que más admiro, respeto y amo en este mundo, quienes desde siempre han sido mi mayor motivación para desarrollarme profesionalmente y por los que siempre agradeceré a Dios por habérmelos dado.

A mis hermanos Katty y Kevin, y a mi familia en general por haber creído en mí y darme su apoyo incondicional en todo momento.

Sheyla Nefali, Condor Vargas

A mi madre por su esfuerzo y constante apoyo, porque gracias a ello he logrado culminar mis estudios.

A mi hermana Melissa, por darme su apoyo incondicional en todo momento.

A mi hijo Rodrigo por ser mi motor y motivo.

Karen Rosario, Pariona Uchuypoma

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos el don de la paciencia y sabiduría y por permitirnos culminar con éxito nuestros estudios universitarios y este proyecto de investigación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por su entera disposición a ayudarnos, guiarnos y corregirnos con sus conocimientos y su experiencia a lo largo de nuestro desarrollo como profesionales.

A nuestro asesor, el Ing. Carlos Gaspar Paco, quien dirigió la realización de esta investigación, brindándonos su apoyo y confianza, así como su capacidad como un aporte invaluable para guiar nuestras ideas en la elaboración y ejecución de este proyecto.

A los profesionales encargados de los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, especialmente al técnico Alfredo por su constante apoyo y colaboración en ejecución de este proyecto experimental.

A nuestros padres, hermanos y familia en general por su apoyo incondicional, por su amor, confianza y por habernos guiado siempre por el camino correcto.

A nuestros amigos y compañeros, por compartir sus conocimientos, experiencia y anécdotas con nosotros y a todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta ayudaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Las tesisistas

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xx
CAPÍTULO I.....	21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.1. Descripción del problema.....	21
1.2. Formulación del problema.....	21
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Justificación.....	22
1.5. Limitaciones.....	23
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes:.....	24
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	24
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	27
2.2. Bases teóricas:.....	30
2.2.1. Concreto.....	30
2.2.1.1. Definición.....	30
2.2.1.2. Componentes del concreto.....	31
2.2.1.2.1. Cemento.....	31
2.2.1.2.2. Agua.....	31
2.2.1.2.3. Aditivos.....	32
2.2.2. Agregados.....	32
2.2.2.1. Definición.....	32
2.2.2.2. Obtención de los agregados naturales.....	33
2.2.2.3. Clasificación por su tamaño.....	33
2.2.2.4. Piedra chancada.....	34
2.2.2.5. Canto rodado.....	34
2.2.3. Propiedades del concreto en estado fresco.....	34
2.2.3.1. Trabajabilidad.....	34
2.2.3.2. Consistencia.....	35

2.2.3.3.	Segregación.....	35
2.2.3.4.	Exudación	35
2.2.3.5.	Durabilidad.....	36
2.2.4.	Resistencia del concreto.....	36
2.2.4.1.	Resistencia a la compresión.....	36
2.2.4.2.	Resistencia a la flexión de vigas de concreto.....	37
2.2.4.2.1.	Procedimiento para realizar el ensayo a flexión.....	39
2.3.	Bases conceptuales	40
2.3.1.	Ensayos de laboratorio	40
2.3.1.1.	Contenido de humedad.....	40
2.3.1.2.	Análisis granulométrico por tamizado.....	41
2.3.1.3.	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.....	41
2.3.1.4.	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino	41
2.3.1.5.	Tamaño máximo y tamaño nominal.....	42
2.3.1.6.	Peso unitario	42
2.3.1.7.	Resistencia a la abrasión - ensayo Los Ángeles	43
2.3.1.8.	Diseño de mezcla	43
2.3.1.9.	Asentamiento SLUMP	44
2.4.	Definición de términos.....	44
2.5.	Hipótesis.....	49
2.6.	Variables	50
2.7.	Operacionalización de variables	50
CAPÍTULO III.....		51
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		51
3.1.	Ámbito temporal y espacial.....	51
3.2.	Tipo de investigación	51
3.3.	Nivel de investigación.....	51
3.4.	Población, muestra y muestreo	52
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	52
3.6.	Técnicas y procesamiento de análisis de datos	53
CAPÍTULO IV		54
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		54
4.1.	Análisis de información	54
4.1.1.	Ensayos de laboratorio	54
4.1.1.1.	Análisis granulométrico (NTP 400.012:2001).....	54
4.1.1.1.1.	Objetivo del ensayo	54
4.1.1.1.2.	Equipos, instrumentos y materiales.....	54

4.1.1.1.3.	Procedimientos	54
4.1.1.1.4.	Cálculos y resultados	55
4.1.1.1.4.1.	Piedra chancada	55
4.1.1.1.4.2.	Arena gruesa.....	57
4.1.1.1.4.3.	Canto rodado	59
4.1.1.2.	Contenido de humedad (NTP 339.127)	61
4.1.1.2.1.	Objetivo del ensayo	61
4.1.1.2.2.	Equipos, instrumentos y materiales.....	61
4.1.1.2.3.	Procedimientos	61
4.1.1.2.4.	Cálculos y resultados	61
4.1.1.2.4.1.	Piedra chancada	61
4.1.1.2.4.2.	Arena gruesa.....	62
4.1.1.2.4.3.	Canto rodado	63
4.1.1.3.	Peso unitario (NTP 400.017:2011)	63
4.1.1.3.1.	Objetivo del ensayo	63
4.1.1.3.2.	Equipos, instrumentos y materiales.....	63
4.1.1.3.3.	Procedimientos	64
4.1.1.3.4.	Cálculos y resultados	64
4.1.1.3.4.1.	Piedra chancada	64
4.1.1.3.4.2.	Arena gruesa.....	65
4.1.1.3.4.3.	Canto rodado	65
4.1.1.4.	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso	66
4.1.1.4.1.	Objetivo del ensayo	66
4.1.1.4.2.	Equipos, instrumentos y materiales.....	66
4.1.1.4.3.	Procedimientos	66
4.1.1.4.4.	Cálculos y resultados	67
4.1.1.4.4.1.	Piedra chancada	67
4.1.1.4.4.2.	Canto rodado	68
4.1.1.5.	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino	68
4.1.1.5.1.	Objetivo del ensayo	68
4.1.1.5.2.	Equipos, instrumentos y materiales.....	68
4.1.1.5.3.	Procedimientos	69
4.1.1.5.4.	Cálculos y resultados	70
4.1.1.5.4.1.	Agregado fino: Arena gruesa.....	70
4.1.1.6.	Ensayo de abrasión (NTP 400.019:2002)	71
4.1.1.6.1.	Objetivo del ensayo	71
4.1.1.6.2.	Equipos, instrumentos y materiales.....	71

4.1.1.6.3.	Procedimientos	71
4.1.1.6.4.	Cálculos y resultados	72
4.1.1.6.4.1.	Piedra chancada	72
4.1.1.6.4.2.	Canto rodado	72
4.1.2.	Diseño de mezcla (Método ACI)	73
4.1.2.1.	Diseño de mezcla para la piedra chancada	73
4.1.2.1.1.	Determinación de la resistencia a compresión media requerida	73
4.1.2.1.2.	Determinación del tamaño máximo nominal del agregado grueso.....	73
4.1.2.1.3.	Determinación del asentamiento.....	73
4.1.2.1.4.	Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos	74
4.1.2.1.5.	Determinación del agua de mezclado	74
4.1.2.1.6.	Determinación de la cantidad de cemento	75
4.1.2.1.7.	Determinación del peso seco del agregado grueso	76
4.1.2.1.8.	Determinación del peso seco del agregado fino	77
4.1.2.1.9.	Ajustes por humedad	79
4.1.2.1.10.	Determinación de la proporción en peso de diseño	81
4.1.2.1.11.	Cantidad de materiales por tanda	81
4.1.2.1.12.	Cantidad de materiales para probetas	82
4.1.2.2.	Diseño de mezcla para el canto rodado:.....	83
4.1.2.2.1.	Determinación de la resistencia a compresión media requerida	83
4.1.2.2.2.	Determinación del tamaño máximo nominal del agregado grueso.....	83
4.1.2.2.3.	Determinación del asentamiento.....	83
4.1.2.2.4.	Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos	84
4.1.2.2.5.	Determinación del agua de mezclado	84
4.1.2.2.6.	Determinación de la cantidad de cemento	84
4.1.2.2.7.	Determinación del peso seco del agregado grueso	85
4.1.2.2.8.	Determinación del peso seco del agregado fino	86
4.1.2.2.9.	Ajustes por humedad	88
4.1.2.2.10.	Determinación de la proporción en peso de diseño	89
4.1.2.2.11.	Cantidad de materiales por tanda	90
4.1.2.2.12.	Cantidad de materiales para probetas	90
4.1.3.	Ensayo de consistencia (NTP 339.035:2009).....	92
4.1.3.1.	Objetivo del ensayo	92
4.1.3.2.	Equipos, instrumentos y materiales.....	92
4.1.3.3.	Procedimientos	92
4.1.3.4.	Cálculos y resultados	93
4.1.3.4.1.	Concreto con piedra chancada:	93

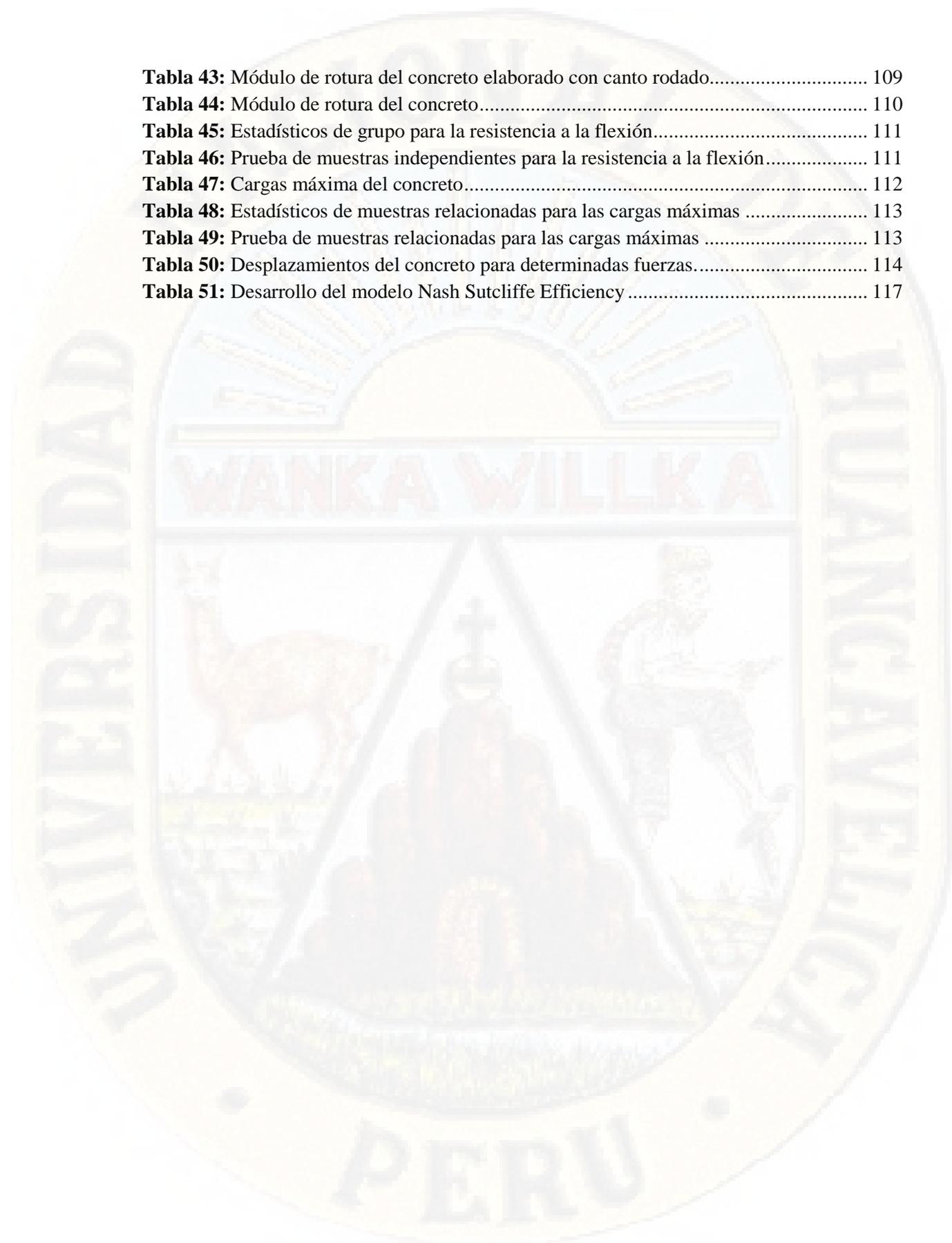
4.1.3.4.2.	Concreto con canto rodado:	93
4.1.4.	Resistencia a la compresión (NTP-339.034:2008)	93
4.1.4.1.	Objetivo del ensayo	93
4.1.4.2.	Equipos, instrumentos y materiales	93
4.1.4.3.	Procedimientos	93
4.1.4.4.	Cálculos y resultados	94
4.1.4.4.1.	Concreto con piedra chancada	94
4.1.4.4.2.	Concreto con canto rodado	94
4.1.5.	Resistencia a la flexión (NTP 339.079:2012)	95
4.1.5.1.	Objetivo del ensayo	95
4.1.5.2.	Equipos, instrumentos y materiales	95
4.1.5.3.	Procedimientos	95
4.1.5.4.	Cálculos y resultados	96
4.1.5.4.1.	Concreto con piedra chancada	96
4.1.5.4.1.1.	Gráfico desplazamiento vs fuerza	96
4.1.5.4.1.2.	Resumen de gráficos	101
4.1.5.4.1.3.	Cálculo del módulo de rotura	102
4.1.5.4.2.	Concreto con canto rodado	103
4.1.5.4.2.1.	Gráfico desplazamiento vs fuerza	103
4.1.5.4.2.2.	Resumen de gráficos	108
4.1.5.4.2.3.	Cálculo del módulo de rotura	109
4.2.	Prueba de hipótesis	110
4.2.1.	Prueba de hipótesis para la resistencia a la flexión	110
4.2.1.1.	Datos	110
4.2.1.2.	Hipótesis	110
4.2.1.3.	Características estadísticas	110
4.2.1.4.	Prueba T Student	111
4.2.1.5.	Interpretación	112
4.2.2.	Prueba de hipótesis para la carga máxima	112
4.2.2.1.	Datos	112
4.2.2.2.	Hipótesis	112
4.2.2.3.	Características estadísticas	113
4.2.2.4.	Prueba T Student	113
4.2.2.5.	Interpretación	114
4.2.3.	Prueba de hipótesis para los desplazamientos	114
4.2.3.1.	Datos	114
4.2.3.2.	Hipótesis	116

4.2.3.3.	Características estadísticas.....	116
4.2.3.4.	Prueba Nash Sutcliffe Efficiency	117
4.2.3.5.	Interpretación.....	119
4.3.	Discusión de resultados.....	120
CONCLUSIONES.....		122
RECOMENDACIONES.....		123
ANEXOS		126
PANEL FOTOGRÁFICO		127
CONSTANCIA DE LABORATORIO.....		132
MATRIZ DE CONSISTENCIA		134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables dependientes e independientes	50
Tabla 2: Análisis granulométrico de la piedra chancada	55
Tabla 3: Límites granulométricos para el agregado grueso	55
Tabla 4: Análisis granulométrico de la arena gruesa	57
Tabla 5: Límites granulométricos para el agregado fino	57
Tabla 6: Análisis granulométrico del canto rodado	59
Tabla 7: Límites granulométricos para el agregado grueso	59
Tabla 8: Contenido de humedad de la piedra chancada.....	61
Tabla 9: Contenido de humedad del agregado fino	62
Tabla 10: Contenido de humedad del canto rodado.....	63
Tabla 11: Peso unitario de la piedra chancada.....	64
Tabla 12: Peso unitario de la arena gruesa.....	65
Tabla 13: Peso unitario del canto rodado.....	65
Tabla 14: Datos del peso específico de la piedra chancada	67
Tabla 15: Resultados del peso específico y absorción de la piedra chancada.	67
Tabla 16: Datos del peso específico del canto rodado	68
Tabla 17: Resultados del peso específico y absorción del canto rodado	68
Tabla 18: Datos del peso específico del agregado fino.....	70
Tabla 19: Resultados del peso específico y absorción del agregado fino	70
Tabla 20: Datos de la piedra chancada	72
Tabla 21: Datos del canto rodado	72
Tabla 22: Resistencia a la compresión requerida.....	73
Tabla 23: Asentamiento recomendado para diferentes tipos de construcción	73
Tabla 24: Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio	74
Tabla 25: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	74
Tabla 26: Relación agua / cemento y resistencia a la compresión del concreto	75
Tabla 27: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto	76
Tabla 28: Primera estimación de peso del concreto fresco.....	77
Tabla 29: Resumen de materiales por el método de los pesos.....	78
Tabla 30: Resumen de materiales por el método de los volúmenes	79
Tabla 31: Resumen de materiales ajustado por humedad	80
Tabla 32: Resumen de materiales por tanda	81
Tabla 33: Resumen de materiales para cinco probetas de piedra chancada.....	82
Tabla 34: Resumen de materiales para cinco vigas	83
Tabla 35: Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio	84
Tabla 36: Resumen de materiales por el método de los pesos.....	86
Tabla 37: Resumen de materiales por el método de los volúmenes	88
Tabla 38: Cálculo de la resistencia obtenida a los 28 días.....	94
Tabla 39: Cálculo de la resistencia obtenida a los 28 días.....	94
Tabla 40: Resumen de gráficos.....	101
Tabla 41: Módulo de roturas para el concreto elaborado con piedra chancada.	102
Tabla 42: Resumen de gráficos.....	108

Tabla 43: Módulo de rotura del concreto elaborado con canto rodado.....	109
Tabla 44: Módulo de rotura del concreto.....	110
Tabla 45: Estadísticos de grupo para la resistencia a la flexión.....	111
Tabla 46: Prueba de muestras independientes para la resistencia a la flexión.....	111
Tabla 47: Cargas máxima del concreto.....	112
Tabla 48: Estadísticos de muestras relacionadas para las cargas máximas	113
Tabla 49: Prueba de muestras relacionadas para las cargas máximas	113
Tabla 50: Desplazamientos del concreto para determinadas fuerzas.....	114
Tabla 51: Desarrollo del modelo Nash Sutcliffe Efficiency	117



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica del agregado grueso	56
Gráfico 2: Curva granulométrica del agregado fino.	58
Gráfico 3: Curva granulométrica del canto rodado.....	60
Gráfico 4: Desplazamiento vs fuerza de la viga 01	96
Gráfico 5: Desplazamiento vs fuerza de la viga 02	97
Gráfico 6: Desplazamiento vs fuerza de la viga 03	98
Gráfico 7: Desplazamiento vs fuerza de la viga 04	99
Gráfico 8: Desplazamiento vs fuerza de la viga 05.....	100
Gráfico 9: Desplazamiento vs fuerza de la viga 01	103
Gráfico 10: Desplazamiento vs fuerza de la viga 02.....	104
Gráfico 11: Desplazamiento vs fuerza de la viga 03	105
Gráfico 12: Desplazamiento vs fuerza de la viga 04	106
Gráfico 13: Desplazamiento vs fuerza de la viga 05	107
Gráfico 14: Gráfico Nash Sutcliffe Efficiency	119

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Rotura de probetas	127
Fotografía 2: Encofrados para las vigas.	127
Fotografía 3: Vaciado de vigas de concreto.	128
Fotografía 4: Curado de las diez vigas	128
Fotografía 5: Traslado de las vigas.....	129
Fotografía 6: Ensayo de flexión de vigas.	129
Fotografía 7: Viga 01 elaborado con canto rodado	130
Fotografía 8: Rotura de viga 01 elaborado con canto rodado.....	130
Fotografía 9: Viga 05 elaborado con piedra chancada	131
Fotografía 10: Rotura de viga 05 elaborado con piedra chancada.....	131

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo principal comparar la resistencia a flexión del concreto $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con piedra chancada y la otra con canto rodado. El proyecto inicia con la obtención de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados gruesos (canto rodado y piedra chancada) y agregado fino (arena gruesa) mediante el desarrollo de ensayos de laboratorio tales como: análisis granulométrico, contenido de humedad, peso unitario, peso específico y porcentaje de absorción; para luego con esos resultados realizar el diseño de mezcla basadas en la norma ACI, obteniendo de esa forma las proporciones adecuadas para las dos diferentes mezclas de concreto. Al finalizar los ensayos se inició con las construcciones de los encofrados para las vigas de dimensiones $0.25\text{cm} \times 0.25\text{cm} \times 0.80\text{cm}$, una vez culminado se programó y realizó el vaciado de las cinco primeras vigas y cinco probetas que tenían como agregado grueso al canto rodado; antes de ello se comprobó la consistencia del concreto con el ensayo de asentamiento SLUMP basado en la norma NTP 339.035:2009, unos días después se procedió a desencofrar las vigas para luego reutilizar los encofrados en las siguientes cinco vigas de concreto elaborado con piedra chancada. Se realizó los mismos procedimientos para las vigas de canto rodado, se curaron las diez probetas y diez vigas durante 28 días, y tras ello se realizaron los ensayos de compresión y flexión respectivamente.

Palabras clave: Concreto, piedra chancada, canto rodado, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to compare the resistance to bending of the concrete $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ made with crushed stone and the other with round stones. The project starts with obtaining the physical and mechanical properties of coarse aggregates (round stone and crushed stone) and fine aggregate (coarse sand) through the development of laboratory tests such as: granulometric analysis, moisture content, unit weight, specific weight and absorption percentage; for later with those results to realize the design of mixture based on the ACI norm, obtaining of this form the suitable proportions for the two different concrete mixtures. At the end of the trials began with the construction of the formwork for beams of dimensions $0.25\text{cm} \times 0.25\text{cm} \times 0.80\text{cm}$, once completed was scheduled and performed the emptying of the first five beams and five briquettes that had as coarse aggregate to the round stone, before that, the consistency of the concrete was checked with the slump settlement test based on the NTP 339.035:2009, a few days later the beams were remove the formwork to later reuse the formwork in the following five concrete beams made with crushed Stone. The same procedures were carried out as for the round stone beams, the ten briquettes and ten beams were cured for 28 days, and after that the compression and bending tests were carried out respectively.

Keywords: Concrete, crushed stone, round stone, compression resistance, flexural resistance.

INTRODUCCIÓN

La investigación está dirigida a la comparación del agregado grueso (piedra chancada y canto rodado), aplicada en la resistencia a la flexión o módulo de ruptura que está definida como la falla por momento de una viga o una losa. Dos diferentes tipos de agregados utilizados en los diferentes ámbitos de la ingeniería, pero con pocos estudios realmente importantes de ambos materiales de construcción.

Un adecuado estudio de las propiedades tanto físicas y mecánicas de los agregados coadyuva a una mejor aplicación de la ingeniería en la construcción; sin embargo, no existe una adecuada exploración de los agregados utilizados en las obras civiles.

La investigación de este trabajo se realizó por el interés de demostrar cuál es la diferencia entre la utilización de la piedra chancada y el canto rodado en la resistencia del concreto, ya que la utilización de los agregados es una parte fundamental de las obras civiles, además de conocer sus propiedades.

La investigación se realizó mediante ensayos de laboratorio para conocer de manera experimental la diferencia entre el uso de la piedra chancada y el canto rodado que nos da una idea de las propiedades de los agregados y la diferencia entre ellos.

Del mismo modo obtener una diferencia de la carga máxima que puede soportar un elemento estructural; en nuestro caso, elaborado con concreto simple también nos puede dar una idea más acertada del comportamiento de dos diferentes tipos de agregados.

Al igual que medir el desplazamiento nos da indicadores con el cual se podrá caracterizar los diferentes agregados gruesos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la actualidad, el crecimiento urbano se viene dando de manera acelerada provocando la necesidad de la población de contar con un lugar donde habitar, pero exactamente este es el inconveniente ya, que las construcciones de las edificaciones se realizan de manera inadecuada por diferentes factores; tales como: el nivel económico que bordea la ciudadanía huancavelicana, la mala puesta de obra, la inexperiencia de la persona a la que se le otorga la construcción de nuestras edificaciones; finalmente la falta de conocimiento de los materiales que utilizamos en nuestra construcción.

El ciudadano común, por lo general, encarga la construcción de sus viviendas a maestros de obra y/o técnicos en construcción, quienes en su mayoría, basados en su experiencia, utilizan cualquier tipo de agregado con dosificaciones asumidas para lograr una cierta resistencia del concreto sin tener en cuenta las propiedades que los agregados presentan.

Es por ello que nace nuestro interés de demostrar experimentalmente la diferencia de hacer uso de la piedra chancada y canto rodado en la elaboración del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ para la construcción de vigas.

1.2. Formulación del problema

Problema general:

¿Cuál es el análisis comparativo de la resistencia a flexión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018?

Problemas específicos:

1. ¿Cuál es el análisis comparativo de las cargas máximas del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sometido a flexión, elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica

– 2018?

2. ¿Cuál es el análisis comparativo de las deformaciones del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sometido a flexión, elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar de manera comparativa la resistencia a flexión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Analizar de manera comparativa las cargas máximas del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sometido a flexión, elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.
2. Analizar de manera comparativa las deformaciones del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sometido a flexión, elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.

1.4. Justificación

Según la norma E-060 CONCRETO ARMADO, nos dice que “el agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada”, sin embargo la misma norma nos recomienda que el agregado grueso presente las siguientes características: “sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañina”, es ahí donde surge nuestra idea de comparar el concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado en las mismas condiciones pero teniendo como agregado grueso a la piedra chancada y el otro al canto

rodado que un agregado natural de perfil redondeado o semi-redondeado y textura lisa; para luego aplicarlas en un elemento estructural con la finalidad de comparar la resistencia a la flexión de estos dos tipos de concreto.

1.5. Limitaciones

El proyecto de investigación presenta como mayor limitante el hecho de no tener antecedentes de ensayos practicados en la máquina de flexión de materiales de concreto de la Universidad Nacional de Huancavelica, siendo este un equipo nuevo adquirido en el año 2018.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes:

2.1.1. Antecedentes internacionales

a) Calderón, (2015), sustenta la tesis: “*Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos ACI y O’REILLY*”, en Universidad de Guayaquil - Ecuador. Llegando a las siguientes conclusiones:

1. Los diseños de hormigón con el método del A.C.I dan una resistencia a los 28 días de 212,26 Kg/cm² con una dosificación por volúmenes de 1:5 (propuesta personal), esto es 1 saco de cemento y 5 parihuelas de 0.40x0.40x0.22 m y con el diseño utilizando el método O’Reilly su resistencia a la compresión a los 28 días es de 225.79 Kg/cm², utilizando una dosificación de 1: 2: 3, esto es 1 saco de cemento, 2 parihuelas de 0.40x0.40x0.22 m de arena y 3 parihuelas de 0.40x0.40x0.22 m de grava.
2. El tamaño máximo de los agregados, tal como se los consigue en la mina es de 1 ½” y para conseguir la resistencia de 210 Kg/cm² a la compresión no hubo ningún problema como se explicó en el párrafo anterior; en cambio cuando se diseñó el hormigón de 280 Kg/cm² con tamaño máximo del agregado de 1 ½” su resultado a los 28 días fue de 246.07 Kg/cm², es decir no cumplió la resistencia requerida, razón por la cual se tamizó en laboratorio por el tamiz de 1 ½”, considerándose en este caso el tamaño máximo del agregado 1” con el cual se obtuvo una resistencia de 282.99 kg/cm².
3. Uno de los objetivos específicos fue determinar, si con el método O’Reilly se consigue una menor cantidad de cemento y por ende un menor costo de fabricación, según los diseños elaborados se

demuestra que la cantidad de cemento utilizada en comparación con el método ACI es exactamente el mismo.

4. La mayoría de las construcciones que se ejecutan en los cantones descritos anteriormente son de resistencias de 210 kg/cm² y según los diseños realizados, estos materiales sí cumplen holgadamente esta resistencia.

b) Borberg y Campdera, (2006), realizó la siguiente investigación: “*Estudio del factor de disminución de resistencia, debido al uso de canto rodado de la cantera puentearcas, como agregado grueso en la mezcla de concreto*”, Universidad Católica Andres Vello – Venezuela. Llegando a las siguientes conclusiones:

1. Los agregados utilizados cumplen con los requisitos establecidos en la norma. Únicamente la granulometría no cumple ligeramente con la especificación. Es recomendable hacer un ajuste de tamices en la cantera, de forma que la curva granulométrica resultante, se encuentre dentro de las bandas que establece la norma COVENIN 277.
2. La resistencia del concreto incrementa, a medida que aumenta el porcentaje de canto rodado triturado como agregado grueso de la mezcla.
3. La tendencia observada, en el incremento de la resistencia contra el porcentaje de canto rodado triturado en la mezcla de concreto, se asemeja en gran medida a una tendencia lineal. Hace falta ampliar los estudios para poder obtener mayor cantidad de puntos y de esta forma poder aseverar esta suposición.
4. La influencia de la forma y la textura superficial del agregado grueso en la mezcla de concreto aumenta a medida que aumenta la resistencia teórica de diseño.
5. Para resistencias altas, no se debe usar canto rodado natural como agregado grueso (o altos porcentajes del mismo), dentro de la

mezcla de concreto debido a que no se alcanzan las resistencias teóricas esperadas (se calculó una dosificación para obtener una resistencia de 400 kg/cm² y las resistencias obtenidas a los 28 días, se encuentran en el orden de los 380 kg/cm²).

6. En caso de ser necesario el uso de canto rodado natural como agregado grueso para concreto, se deben realizar mezclas de prueba para poder calibrar el diseño de mezcla y obtener finalmente la resistencia teórica esperada.

c) Rosales, (2008), realizó la siguiente investigación: “*Análisis del comportamiento de una viga de concreto armado, ensayada a flexión, reforzadas con fibra de carbono*”, Universidad San Carlos de Guatemala – Guatemala. Llegando a las siguientes conclusiones:

1. El sistema de barras de fibra de carbono incrementa 20% el módulo de ruptura de una viga de concreto armado, con ventajas de bajo impacto estético y rápida aplicación, incluso en edificaciones en funcionamiento. Sin embargo, se puede obtener mejores resultados, combinando con un refuerzo en la zona de corte de las vigas.
2. En las vigas sin fibra de carbono se pudo observar que la falla ocurrió exactamente al centro de las vigas, a diferencia de las vigas con refuerzo de fibra de carbono, en las que la falla era inducida hacia los extremos de la fibra, fallando la viga en la zona de cortante máximo.
3. En vigas de concreto armado, con daños severos o resistencias a compresión en el concreto debajo de 21 Mpa, las barras de fibra de carbono pueden desprenderse o fallar por falta de adherencia.
4. Las barras de fibra de carbono son exclusivamente para refuerzo a flexión en vigas o en muros de corte.
5. En Guatemala, las barras de fibra de carbono ya representan una de las primeras opciones propuestas por los ingenieros

estructurales, por su alto desempeño en materia de incrementos de resistencias para estructuras.

2.1.2. Antecedentes nacionales

a) Villanueva, (2018), realizó la investigación: “*Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de un Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/Cm}^2$ Elaborado con Agregados Grueso Piedra Chancada y Canto Rodado – Chimbote 2018*”, en la Universidad Cesar Vallejo - Perú. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que la resistencia a la compresión con el agregado de piedra chancada y canto rodado con el diseño ACI en el periodo final, el agregado de piedra chancada cumple con las propiedades mecánicas del concreto obteniendo una mejor resistencia a la compresión con una $f'c = 284.31 \text{ kg/cm}^2$.
2. Se determinó que la resistencia a la compresión con el agregado de piedra chancada y canto rodado con el diseño de mezcla Walker, que en el periodo final el agregado de canto rodado cumple con las propiedades mecánicas del concreto obteniendo una mejor resistencia a la compresión con el método de Walker $f'c = 281.90 \text{ kg/cm}^2$.
3. De acuerdo a la determinación de la resistencia a la tracción con el agregado de piedra chancada y canto rodado utilizando el método ACI se concluye que el agregado grueso de piedra chancada cumple con las propiedades mecánicas del concreto obteniendo una mejor resistencia a la tracción de $f'c = 193.81 \text{ kg/cm}^2$.
4. Se determinó de la resistencia a la tracción con el agregado grueso de piedra chancada y canto rodado con el método de diseño Walker se concluye que en el periodo final el material más óptimo es el agregado de canto rodado ya que cumple con la propiedad de resistencia a la tracción obteniendo una mejor resistencia de $f'c = 129.16 \text{ kg/cm}^2$.
5. Se determinó que la propiedad de resistencia a la flexión con el agregado de piedra chancada y piedra de canto rodado utilizando el método ACI se concluye que el agregado de piedra chancada en el

periodo final cumple con la propiedad de resistencia a la flexión ya que obtiene una $f'c=25.96\text{kg/cm}^2$.

6. Se determinó que la propiedad de resistencia a la flexión con el agregado de piedra chancada y canto rodado con el método Walker se concluye que el agregado de canto rodado en el periodo final, es el material más óptimo para ser utilizado dentro del concreto ya que contribuye con su resistencia propia del material dándonos un mejor resultado a la flexión de $f'c= 36.76\text{kg/cm}^2$.

b) Contreras, (2014), realizó la investigación: *“Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén - Cajamarca”*, en la Universidad Nacional de Cajamarca - Perú. Llegando a las siguientes conclusiones:

1. En la cantera Olano, las piedras chancadas o trituradas tienen forma angular y textura áspera (rugosa), mientras que las gravas de río son de forma redondeada y de textura lisa.
2. El agregado grueso es uno de los componentes del concreto que más porcentaje de intervención en peso tiene en las mezclas (43% en ambos diseños de esta investigación), seguido por el agregado fino, luego el cemento y finalmente el agua. Los diseños de mezclas de concreto dependen en gran parte de las características y propiedades de los agregados (grueso y fino), que pueden verse afectados por el manejo que reciben desde su explotación hasta su empleo en obra.
3. La forma angular y textura áspera de la piedra chancada, permiten en el concreto fresco una buena adhesión del agregado con la pasta de cemento y le brinda a la mezcla menor asentamiento (de 3" a 4" en esta investigación), es decir mayor consistencia (plásticas para esta investigación). Ocurre en menor medida con la grava de río, que por su forma redondeada y textura lisa la unión con la pasta de cemento es débil, y sumada a la poca agua de mezcla que absorbe por sus características de superficie, da un incremento de fluidez en el

mortero, obteniéndose mezclas con mayores asentamientos (de 6" a 7" en esta investigación), es decir menos consistentes (húmedas para ésta investigación).

4. Para el mismo diseño de mezclas, los concretos elaborados a base de piedra chancada de forma angular y textura áspera tienen mayor resistencia a la compresión que los concretos hechos con grava de río de forma redondeada y textura lisa (en porcentajes que varían entre 8% y 16% para esta investigación), debido al mejor enganche y adherencia mecánica que logran la forma y textura de la piedra chancada con la pasta de cemento y que se da en menor medida con la grava redondeada.
5. La forma y textura del agregado grueso influyen en gran medida en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, y, queda demostrado con la diferencia de asentamientos de hasta 3", que hizo variar la consistencia de las mezclas de plástica a húmeda, sumada a la diferencia de hasta 31 Kg/cm² en las resistencias a la compresión entre concretos elaborados con piedra chancada y grava redondeada.

c) Román y Pillpinto, (2016), realizó la investigación: *“Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c$ 210 kg/cm², elaborado con agregado hormigón y agregado clasificado, en el distrito de Maranura- la Convención - Cusco”*, en la Universidad Andina del Cusco - Perú.

La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

1. No se comprueba la hipótesis general que dice: “La variación de la resistencia a la compresión, de un concreto $f'c$ 210kg/cm², elaborado con agregado hormigón es mayor respecto a un concreto elaborado con agregado clasificado”, debido a que durante la investigación se demostró que la resistencia a la compresión del concreto fabricado con agregado hormigón alcanza resistencia menores a 210kg/cm² con promedios de 157.83 kg/cm² para el álveo Santa María y 164.97 kg/cm² para el álveo Paqcha Uchumayo, por tanto los promedios para

el concreto elaborado con agregado clasificado para el álveo Paqcha Uchumayo es de 335.46 kg/cm² y para el álveo Santa-María es de 305.95 kg/cm², la comparación de resistencias a la compresión de cada uno de los cilindros de concreto sometidos a curados a los 28 días se muestra en las figuras N°127 y N°129.

2. Si se demuestra la sub-hipótesis que dice: “Las propiedades físicas del agregado clasificado para uso como concreto, en el distrito de Maranura- La Convención – Cusco, cumplen con los parámetros establecidos según la norma ASTM C-33”, ya que al realizar los ensayos en laboratorio se obtuvo resultados que se encuentran dentro de los parámetros que exige la norma como se puede apreciar para el agregado Santa María en la tabla N° 143 y para el agregado Paqcha Uchumayo la tabla N°151.
3. Si se demuestra la sub hipótesis que dice “el concreto fabricado con el agregado hormigón de los dos álveos, proveniente del río Vilcanota, distrito de Maranura- La Convención – Cusco, en estado natural alcanza una resistencia a compresión a los 28 días de un $F'c < 210$ kg/cm² .”, esto debido que al realizar el ensayo compresión axial se obtuvo resultados de compresión menores a 210 kg/cm² como se puede apreciar en las tablas n°141 y n°142. Al momento de elaborar concreto $F'c$ 210 kg/cm² de manera empírica y replicar de acuerdo a la información recolectada en campo a los maestros de obra, se obtiene mezclas de consistencias fluidas con proporciones de 1 bolsa de cemento, 36 unidades de palas de agregado hormigón y 27 litro de agua.

2.2.Bases teóricas:

2.2.1. Concreto

2.2.1.1. Definición

Según Abanto, (2009, p. 11) El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente

la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Por otro lado, para Sánchez (2001, p. 19) El concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento Portland hidráulico), un material de relleno (agregado o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

2.2.1.2. Componentes del concreto

2.2.1.2.1. Cemento

Para Sánchez (2001, p. 22). El cemento que se utiliza, como ya se mencionó, es cemento Portland, el cual tiene propiedades tanto adhesivas como cohesivas, que le dan capacidad de aglutinar los agregados o áridos para conformar el concreto. Estas propiedades dependen de su composición química, el grado de hidratación, la finura de las partículas, la velocidad del fraguado, el calor de la hidratación y la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar.

2.2.1.2.2. Agua

Abanto (2009, p. 21) “El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido”.

Para Sánchez (2001, p. 57) “El agua se debe definir como aquel componente del concreto en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan a propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados”

Para Rivera, (2009, p. 77) El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes; permitir la hidratación del cemento

y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, una parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón. La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento; por lo tanto, de acuerdo con lo anterior, como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables.

2.2.1.2.3. Aditivos

Abanto (2009, p. 43). “Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine”.

2.2.2. Agregados

2.2.2.1. Definición

Rivera, (2009, p. 37) mencionó: “Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto”.

Gutiérrez, (2003, p. 9) define: Los agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad en las obras civiles, pues ocupan allí un volumen muy importante. Por ejemplo, el volumen de los agregados en el concreto hidráulico es de un 65% a

85%, en el concreto asfáltico es del 92% al 96%, en los pavimentos del 75% al 90%.

Y Abanto, (2009, p. 23), conceptualiza el agregado como: Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto. Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento.

2.2.2.2. Obtención de los agregados naturales

Gutiérrez, (2003, p. 15), mencionó: Los agregados empleados en la construcción pueden obtenerse por la explotación de bancos de material, depósitos de rocas que afloran en la superficie terrestre, o por extracción y clasificación del material que arrastran los ríos. Nos referiremos, en primera instancia, a los bancos de material, sin olvidar que las características y condiciones de calidad se aplican por igual a ambos materiales.

2.2.2.3. Clasificación por su tamaño

Rivera, (2009, p. 52), “La forma más generalizada de clasificar los agregados es según su tamaño, el cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros de sección; esta distribución del tamaño de las partículas, es lo que se conoce con el nombre de GRANULOMETRÍA.”

- **Agregado fino**

Campo, (2009, pag. 14), “Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.”

- **Agregado grueso**

Para Abanto (2009, p.26), Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (Nº 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

2.2.2.4. Piedra chancada

Abanto, (2009, p. 26) mencionó: Se denomina así, al agregado grueso obtenido por la trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.

2.2.2.5. Canto rodado

Abanto, (2009, p. 26) afirma: Es un conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la disgregación natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

2.2.3. Propiedades del concreto en estado fresco

Según Sánchez (2001, p. 111) Debido a que todas las propiedades del concreto en estado endurecido dependen en mayor o menor grado de sus características en estado fresco (plástico), especialmente en lo que se refiere a los procesos, de mezclado, transporte, colocación, compactación y terminado.

2.2.3.1. Trabajabilidad

Para Abanto (2009, p. 47), Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia.

Para Sánchez (2001, p.111), Según el comité 211 de ACI, la manejabilidad conocida también como trabajabilidad, se considera como aquella propiedad del concreto mediante la cual se determina su capacidad para ser colocado y consolidado apropiadamente y para ser terminado sin segregación dañina alguna.

2.2.3.2. Consistencia

Para Sánchez (2001, pp.111-112), Otro término utilizado para caracterizar el estado plástico del concreto es la “consistencia”, que aunque está relacionada con el concepto de manejabilidad, no es su sinónimo. En términos generales la consistencia se refiere a su estado de fluidez, es decir, que tan dura (seca) o blanda (fluida) es una mezcla de concreto cuando se encuentra en estado plástico, por lo cual se dice que es el grado de humedad de mezcla.

Para Abanto (2009, p. 47). “Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada”.

2.2.3.3. Segregación

Para Abanto (2009, p. 50), “Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero”.

Sánchez (2001, p.123). Se define como la separación de los materiales que constituyen una mezcla heterogénea (como es el concreto), de manera que su distribución deje de ser uniforme por falta de cohesión.

2.2.3.4. Exudación

Sánchez (2001, p.123). Parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie del concreto recién colocado o durante el proceso de fraguado. Por tal razón, se dice que es una forma especial de segregación o de sedimentación de las partículas, las cuales no pueden retener toda el agua cuando se asientan.

2.2.3.5. Durabilidad

Para Abanto (2009, p. 57), El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

2.2.4. Resistencia del concreto

Para Abanto (2009, p. 50) “La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión”.

Para Rivera, (2009, p. 143), los concretos que tengan agregados angulosos o rugosos son generalmente más resistentes que otros de igual relación agua / cemento que tengan agregados redondeados o lisos; sin embargo, para igual contenido de cemento, los primeros exigen más agua para no variar la manejabilidad y, por lo tanto, el efecto en la resistencia no varía apreciablemente. Sin embargo, como es lógico la calidad del agregado afecta el desarrollo de la resistencia.

2.2.4.1. Resistencia a la compresión

Para Sánchez (2001, p.138), la resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad, dentro de una estructura convencional de concreto reforzado, la forma de expresarla es, en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

2.2.4.2. Resistencia a la flexión de vigas de concreto

Para Rivera (2009, p. 133), La resistencia a la flexión de un concreto es baja en comparación con su resistencia a la compresión, pero muy superior a su resistencia en tracción pura.

Este parámetro es aplicado en estructuras tales como pavimentos rígidos; debido a que los esfuerzos de compresión que resultan en la superficie de contacto entre las llantas de un vehículo y el pavimento son aproximadamente iguales a la presión de inflado de las mismas, la cual en el peor de los casos puede llegar a ser de 5 o 6 kg/cm²; este esfuerzo de compresión sobre un pavimento de concreto hidráulico resulta sumamente bajo con relación a la resistencia a la compresión del concreto que normalmente varía entre 150 y 350 kg/cm² en nuestro medio.

Por lo tanto, no es la resistencia a la compresión el factor determinante de la calidad del concreto para pavimentos, sino la resistencia a la flexión, por el paso de los vehículos y por diferencias de temperatura un lado de la losa estará sometido a tensión y el otro lado a compresión, siendo cambiables estos esfuerzos. Los esfuerzos de flexión podrían ser atendidos por medio de refuerzo, pero esto sería antieconómico debido a que se tendría que utilizar refuerzo en dos capas. En la práctica lo que se hace es diseñar el espesor del pavimento en forma tal que los esfuerzos de flexión, causados por el paso de los vehículos y la diferencia de temperatura, sean inferiores a la capacidad máxima a flexión de las placas. Es claro entonces que para el diseño de pavimentos de concreto la característica importante es la resistencia a la flexión del concreto o también llamada "módulo de rotura".

Para Rivera (2009, p. 135). El método más empleado para medir la resistencia a la flexión es usando una viga simplemente apoyada con carga en los tercios de la luz, aunque en algunas partes se emplea el

método de la viga en voladizo o el de la viga simplemente apoyada con carga en el punto medio; los resultados obtenidos difieren con el método empleado.

Para Sánchez (2001, p. 141), Otra de las características mecánicas del concreto en estado endurecido, que reviste importancia, es su resistencia a la flexión, especialmente en estructuras de concreto simple, tales como pavimentos, en donde adicionalmente aparecen esfuerzos de tracción ocasionados por la flexión de las placas, al paso de los vehículos.

(NMRCA, CIP 16), La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el módulo de rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (Mpa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

El módulo de rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a la compresión, en dependencia del tipo, dimensiones, y volumen del agregado grueso utilizado; sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. El módulo de rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%.

2.2.4.2.1. Procedimiento para realizar el ensayo a flexión

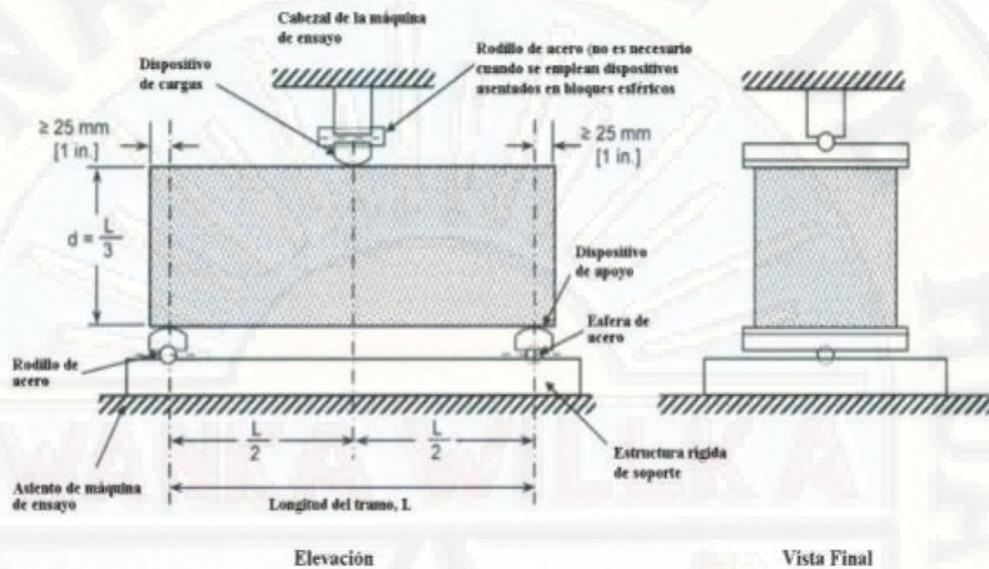


Figura 01: Diagrama de un dispositivo adecuado para la prueba de flexión del concreto por el método de carga en el punto medio

1. La prueba de flexión en especímenes con curado húmedo se realizará tan pronto como sea posible, luego de retirar de la cámara de curado. Las vigas con superficie seca arrojan resultados menores en mediciones del módulo de rotura.
2. Se gira el espécimen sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeado y se centra sobre los bloques de apoyo. Centrar el sistema de carga en relación con la fuerza aplicada. Llevar el bloque de aplicación de la carga en contacto con la superficie de la muestra en el centro y aplicar una carga entre 3% y 6% de la carga máxima estimada.
3. Cargar la viga de forma continua y sin impactos. Aplicar la carga a una velocidad constante hasta el punto de rotura. Aplicar la carga a una velocidad que incremente el esfuerzo en la fibra extrema, entre 0,9 MPa/min y 1,2Mpa/min. El rango de velocidad de aplicación de la carga se calcula con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{2Sbd^2}{3L}$$

Dónde:

r: Es el rango de velocidad de aplicación de carga, en N/min

S: Tasa de incremento de la tensión máxima en la cara de tracción, Mpa/min

b: Ancho promedio de la viga conforme fue orientada para el ensayo, mm

d: Altura promedio de la viga conforme fue orientada para el ensayo, mm

L: Longitud del tramo, en mm

La resistencia a la flexión según la NTP 339.079, se determina de la siguiente manera:

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Dónde:

Mr: Es el módulo de rotura, en Mpa

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N.

L: Es la longitud del tramo, mm.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Ensayos de laboratorio

Según Abanto, (2009, p. 93) La selección de las proporciones de una mezcla de concreto, puede ser verificada eficazmente mediante ensayos de laboratorio, los cuales sirven para determinar las propiedades físicas básicas de los materiales empleados, para establecer interrelaciones entre el contenido de aire, la relación agua - cemento, el contenido de cemento y la resistencia, y para proporcionar información sobre las características de trabajabilidad de las mezclas ensayadas.

2.3.1.1. Contenido de humedad

“La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas”. (NTP 339.127; 1998).

2.3.1.2. Análisis granulométrico por tamizado

Para Abanto, (2009, p. 94) La granulometría de los agregados, determinada por el análisis de tamices es un elemento importante en la determinación: del requerimiento unitario de agua, las proporciones del agregado grueso y fino, y el contenido de cemento para obtener la trabajabilidad deseada.

Esta Norma Técnica se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje. (NTP 400.012; 2001).

2.3.1.3. Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en el control de uniformidad de sus características físicas. (NTP 400.021; 2002).

2.3.1.4. Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre una base de volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se utiliza en el cálculo de los vacíos entre partículas en la NTP 400.036. La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) se utiliza en la

determinación de la humedad superficial del agregado fino por desplazamiento de agua en el Método de Ensayo de la ASTM C70. La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) se usa si el agregado está húmedo, es decir, si su absorción se ha cumplido. Por el contrario, la densidad o densidad relativa (gravedad específica) (OD) se utiliza para los cálculos cuando el agregado está seco o se supone que está seco. (NTP 400.022; 2013).

2.3.1.5. Tamaño máximo y tamaño nominal

Tamaño máximo:

Sánchez, (2011, p. 133) Otro factor de los agregados que tiene mucha relevancia en la resistencia del concreto es su tamaño máximo, debido a que la cantidad de cemento requerida para producir una resistencia a la compresión máxima, a una edad dada, con un determinado agregado, varía según sea el tamaño máximo del agregado grueso de la mezcla.

Tamaño máximo nominal:

Sánchez, (2011, p. 78) En la práctica lo que indica el tamaño máximo nominal es el tamaño promedio de partículas más grandes que hay dentro de la masa de agregado. La mayor utilidad de este factor respecto al anterior estriba en que el tamaño de las partículas más grandes de las masas de agregados en su fracción gruesa, mientras que el tamaño máximo solo indica el tamaño de la partícula más grande que hay en la masa, la cual en algunos casos puede ser única.

2.3.1.6. Peso unitario

La masa unitaria puede determinarse compactada o suelta; la masa unitaria compactada se emplea en algunos métodos de dosificación de mezclas y la masa unitaria suelta sirve para estimar la cantidad de agregados a comprar si estos se venden por volumen (volumen suelto) como ocurre comúnmente. La masa unitaria se determina de acuerdo con la norma NTC 92 y su valor para agregados normales varía

generalmente entre 1,30 y 1,80 kg/dm³, siendo mayor para un mismo material el valor de la masa unitaria compactada. Rivera (2009, p. 66). Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método de ensayo es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño nominal máximo. (NTP 400.017:2011).

2.3.1.7. Resistencia a la abrasión - Ensayo los Ángeles

Este método de ensayo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida. (NTP 400.019; 2002).

2.3.1.8. Diseño de mezcla

Rivera (2009, p. 169). Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.

Sánchez, (2011, p. 221) El proporcionamiento de mezclas de concreto o “Diseño de mezclas”, es un proceso que consiste en la selección de los ingredientes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir, tan económicamente como sea posible, concreto con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia adecuada. Estas proporciones dependen de las propiedades y características de los ingredientes usados, de las propiedades particulares del concreto especificado, y de las condiciones particulares bajo las cuales el concreto será producido y colocado.

2.3.1.9. Asentamiento SLUMP

Para Sánchez, (2011, pp. 112-113) El ensayo más ampliamente usado en todo el mundo, por su simplicidad y rapidez, es el ensayo de asentamiento, el cual mide la consistencia o fluidez de una mezcla fresca de concreto cuyo tamaño máximo de agregado grueso puede ser hasta de 50,8 mm (2”).

Una muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado. El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto. (NTP 339.035; 2009).

2.4. Definición de términos

- **Absorción:** Es la propiedad que tiene el agregado de almacenar agua entre sus partículas. Conocer el porcentaje de absorción resulta muy importante en la construcción ya que ello implica realizar una adecuada dosificación del concreto.
- **Abrasión:** Es la acción por la cual mediante rozamiento o fricción entre

dos partículas existe un desgaste.

- **ACI:** El Instituto Americano del Concreto, aparte de ser una autoridad, es un recurso muy utilizado a nivel mundial, incluso para Perú es un referente muy aceptable dado que nos muestran los mejores estándares, basados básicamente en la experiencia, las mismas que abarcan acerca de los materiales de construcción, la construcción en sí misma y el diseño de ello, con el objetivo de darle un mejor uso al concreto.
- **Aditivo:** Los aditivos son muy útiles si se requiere modificar algunas propiedades del concreto, se utilizan los aditivos con la finalidad de adaptarlas a ciertas especificaciones que se puedan ir solicitando en su puesta en obra.
- **Árido:** En el ámbito de la construcción hablar de árido es referirnos al material inerte compuesto por granos o partículas, los áridos en conjuntamente con agua y cemento conforman el concreto.
- **ASTM:** La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, (American Society for Testing and Materials), es una organización que nos muestra normas, técnicas para materiales, productos y servicios, normas que son sumamente utilizados a nivel mundial.
- **ASOCRETO:** Es la Asociación Colombiana de Productores de Concreto cuyo objetivo es promover y actualizar sobre la correcta aplicación de las normas en la construcción.
- **Cantera:** Una cantera es una forma de explotación de agregados generalmente a cielo abierto, de la cual se obtienen rocas, áridos, cuya definición ya se mencionó anteriormente, el tamaño varía de acuerdo a lo solicitado.
- **Carga máxima permisible:** La carga máxima admisible o permisible es la carga máxima que soporta un elemento estructural antes de llegar al momento de la rotura, la carga aplicada a un elemento estructural puede

ser puntual, a dos tercios, o distribuida, según sean las especificaciones.

- **Cemento Portland:** Es un conglomerante que cuando se ensambla con los agregados y agua tiene la propiedad de conformar una masa muy resistente y duradera a la cual se denomina concreto. Es el material de construcción mas usual debido a las altas resistencias que adquiere en su estado endurecido.
- **Cimentación:** Son un conjunto de elementos estructurales que tienen como finalidad transmitir las acciones de carga de la estructura al suelo de fundación.
- **Columna:** Es un elemento estructural que se usa principalmente para resistir cargas axiales de compresión y que tiene una altura de por lo menos tres veces su dimensión lateral menor.
- **Compresión:** En ingeniería el esfuerzo a compresión es la capacidad que tiene un cuerpo y de deformarse por la acción de fuerzas o tensiones.
- **Deformaciones máximas:** Se denomina deformación máxima al cambio del tamaño o de la forma de un cuerpo, ello producido por una fuerza externa o fuerzas externas, o también se da el caso por la dilatación térmica, la deformación máxima se tomará realizando una curva tensión versus deformación donde la deformación máxima será el punto más elevado de la mencionada curva.
- **Degradación:** En ingeniería al hablar de degradación nos referimos al efecto de disminuir de manera gradual las propiedades, de un material de la construcción.
- **Flexión:** En ingeniería se denomina flexión al esfuerzo resultante debido a la aplicación de una fuerza cuya posición debe ser perpendicular a su eje principal.
- **Granulometría:** La granulometría es el análisis de la composición del

material en cuanto a la distribución del tamaño de los granos que lo integran. Esta característica decide, de manera muy importante, la calidad del material para su uso como componente del concreto.

- **Grava:** Se denomina grava a las rocas formadas que se encuentran en el tamaño entre 2 y 64 milímetros. La grava también puede ser artificial en cuyo caso suele denominarse piedra partida o como en el presente trabajo denominamos piedra chancada, así como también son el resultado de procesos naturales. En otros casos el desgaste producido de manera natural provoca que la formas de estas rocas sean redondeadas las cuales son llamadas como canto rodado.
- **Gravedad específica:** La gravedad específica es el cociente entre la densidad de una sustancia entre la densidad de otra sustancia ésta última es generalmente agua ya que se conoce que la densidad del agua es de 1 gramo por centímetro cúbico. La gravedad específica es adimensional debido a que como ya se mencionó resulta de la división entre dos unidades de igual magnitud.
- **ICG:** El Instituto de la Construcción y Gerencia está destinada a la investigación de tecnologías y actualización de las mismas en bien de la competitividad y el adecuado desarrollo de la calidad de los proyectos en ingeniería. Actualmente se encuentra instalada en muchos países de América Latina, el ICG, está en constante actualización a la población mediante cursos que van dirigidos al diseño, la construcción y la supervisión.
- **Losa:** Es un elemento estructural cuyo espesor es mucho menor en comparación a sus otras dimensiones, este elemento es usado generalmente como piso o techo de las edificaciones, su posición es usualmente de manera horizontal, también cumple la función de distribuir de manera uniforme las cargas que soporta.
- **Malla:** Es un elemento que compone un cuerpo que desea ser separado por

diferentes tamaños, la malla puede ser de diferentes materiales, tales como acero, alambre, planchas metálicas, caucho, plástico , entre otros.

- **Módulo de rotura:** También denominado resistencia máxima a la flexión o torsión, el módulo de rotura se determinará mediante un ensayo de laboratorio, cuando se produce la falla en se determinará mediante fórmula el módulo de rotura, el cual nos indicará que para un determinado esfuerzo el elemento llegará a su máximo estado de elasticidad y pasará al estado de falla.

Generalmente el módulo de rotura estará dentro de un porcentaje de 10 al 20% de su resistencia a compresión.

- **Mortero:** En la construcción es una combinación entre el cemento (algunas veces se puede usar yeso que también es otro aglomerante), con otros materiales de el elemento estructural se tomará el dato del esfuerzo máximo y con ello construcción tales como agregados y agua, los cuales al unirse forman una pasta que al endurecer puede alcanzar resistencias muy altas. Su utilización se da para rellenar bloques, para el revestimiento de paredes, entre otros.
- **Peralte:** Es la altura de una viga, en ingeniería podemos referirnos a vigas peraltadas cuya altura es mayor al de la losa, se utiliza este tipo de vigas con la finalidad de darle mayor seguridad a la estructura.
- **Peso específico:** Es una definición que por lo usual se utiliza en campos como la química y la física, hy es utilizada para representar a aquella relación que existe entre el peso y el volumen que ocupa una sustancia.
- **Revenimiento:** También denominado asentamiento, realizar el ensayo de revenimiento nos indicará la consistencia de un concreto y con ello se determinará cuan óptimo sea para el encofrado, el revenimeinto variará dependiendo de la estructura que se desea diseñar.
- **Rigidez:** Existen muchas definiciones, pero en el ámbito de la

construcción la rigidez se puede tomar como una medida cualitativa de la resistencia de un elemento frente a una fuerza externa, sin que el elemento sufra deformaciones considerables.

- **RNE:** Es el Reglamento Nacional de Edificaciones cuya finalidad u objetivo es el de regular los criterios para la realización de un adecuado diseño y una correcta ejecución de las edificaciones, así como también establece tanto las responsabilidades como derechos en el proceso de edificación.
- **Tamiz:** Es un instrumento utilizado en laboratorio de mecánica de suelos el cual es utilizado para realizar la granulometría y con ello la clasificación de suelos, existen diferentes tamaños de tamices las cuales siguen normas específicas.
- **Tracción:** Se denomina tracción a la acción de tirar un objeto con la finalidad de desplazarla, para ello se aplican dos fuerzas en direcciones opuestas.
- **Viga:** Es un elemento estructural que trabaja principalmente a flexión, las vigas generalmente se caracterizan por su amplia longitud, las vigas son colocadas generalmente de manera horizontal.

2.5. Hipótesis

Hipótesis general

La resistencia a flexión del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica -2018.

Hipótesis específicos

1. La carga máxima del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sometido a flexión y elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica -2018.

2. El desplazamiento del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sometido a flexión y elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.

2.6. Variables

- Variable independiente: Piedra chancada - canto rodado
- Variable dependiente: Resistencia a la flexión del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables dependientes e independientes

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Sub dimensiones	Índice / Indicador
VARIABLE INDEPENDIENTE Piedra chancada y canto rodado	El canto rodado es un agregado natural originado por la desintegración de fragmentos de roca, por su transporte a través del agua en ríos, en si podemos decir que las partículas de roca son resistentes por la erosión que resistieron. En cambio, la piedra chancada se origina de los cantos rodados con la cualidad de ser artificial, que son angulares y son graduadas de acuerdo al tamaño requerido en obra.	Propiedades físico-mecánicas	Contenido de Humedad	%
			Análisis Granulométrico	%
			Módulo de Fineza	%
			Tamaño máximo y tamaño máximo nominal	in
			Peso unitario	kg/m ³
			Peso específico	gr
			Porcentaje de absorción	%
			Abrasión los ángeles	%
VARIABLE DEPENDIENTE Resistencia a la flexión $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. El módulo de rotura será mayor que en el caso de la carga en los puntos tercios.		Carga máxima	KN
			Desplazamiento	mm

Fuente: Elaborado por las tesis.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial

El ámbito temporal donde se desarrolló el presente proyecto de investigación que inició desde el planteamiento hasta la ejecución del mismo, está dentro del periodo 2018 – 2019.

El ámbito espacial fue específicamente la Universidad Nacional de Huancavelica, de la provincia y departamento de Huancavelica, donde se desarrollaron diferentes ensayos en los laboratorios de tecnología del concreto y de antisísmica.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación de este proyecto es aplicada.

Para Murillo (2008), citado por Vargas (2009, p.159) sostiene que: La investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación de este proyecto es explicativo.

Para Sabino (1998) citado por Niño, (2010, pp. 34 -35) menciona sobre la investigación explicativa: Este es el tipo de investigación que más profundiza nuestro conocimiento de la realidad, porque explica la razón, el porqué de las cosas, y es por lo tanto más complejo y delicado, pues el riesgo de cometer errores aumenta considerablemente.

3.4. Población, muestra y muestreo

La población para nuestro proyecto de investigación serán vigas de concreto de diferentes resistencias y elaboradas con diferentes tipos de agregados gruesos, se tomará como muestra 5 vigas de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ elaboradas con piedra chancada y 5 vigas de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ elaboradas con canto rodado. “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. Hernández (2010, p.175).

El muestreo para el presente trabajo de investigación es no probabilístico. Para Niño (2011, p. 58) “Es la técnica que permite seleccionar muestras con una clara intención o por un criterio preestablecido. Las muestras que se seleccionan buscan, desde luego, una representatividad de la población, pero puede tener falencias, según la situación”.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para Niño (2011, p. 62) “Se está hablando aquí de las técnicas como los procedimientos específicos que, en desarrollo del método científico, se han de aplicar en la investigación para recoger la información o los datos requeridos”.

La técnica a usarse será la observación por medio del cual podremos captar acontecimientos, también haremos uso de la descripción mediante el cual referiremos dichos acontecimientos.

Los instrumentos de los que haremos uso para recolectar datos serán los equipos de los laboratorios de concreto armado y de antisísmica, donde realizamos los siguientes ensayos:

- Peso específico y absorción del agregado grueso.
- Peso específico y absorción del agregado fino.
- Peso unitario del agregado grueso.
- Peso unitario del agregado fino.

- Análisis granulométrico fino – grueso.
- Contenido de humedad agregado fino.
- Contenido de humedad agregado grueso.
- Ensayo de abrasión del agregado grueso.
- Curado de testigos.
- Asentamiento Slump.
- Compresión digital de testigos.
- Análisis de la resistencia a la flexión de concreto elaborado con piedra chancada.
- Análisis de la resistencia a la flexión de concreto elaborado con canto rodado.

3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

En primer lugar se tendrá en cuenta las fuentes escritas de primera mano como las tesis que se consultó en la fase de antecedentes, así como la revisión bibliográfica sobre las variables de estudio, todos ellos con información actualizada y de vanguardia. Segundo, las fuentes documentales como reglamentos y normas peruanas relacionadas con el proyecto de investigación; finalmente se procedera a la ejecución del proyecto que consistira en obtener las propiedades físicas y mecánicas de los agregados a usar (canto rodado y piedra chancada), una vez obtenido los resultados de los ensayos de laboratorio de los agregados se procedió a realizar el diseño de mezcla para concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ haciendo uso de la piedra chancada y otro haciendo uso del canto rodado que posteriormente fue aplicado en un elemento estructural (viga), finalmente comparamos los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión de la vigas.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

4.1.1. Ensayos de laboratorio

4.1.1.1. Análisis granulométrico (NTP 400.012:2001)

4.1.1.1.1. Objetivo del ensayo

Este ensayo tiene por objeto determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo y obtener la cantidad, expresada en tanto por ciento de éstas, que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, desde el tamiz de 2" hasta el tamiz N° 200.

4.1.1.1.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Agitador mecánico de tamices.
- Juego de tamices.
- Balanza.
- Horno
- Agregados.

4.1.1.1.3. Procedimientos

- Se selecciona una muestra representativa del agregado a ensayar y se mete al horno para secar.
- Seguidamente se quitan toda impureza del agregado como trozos de vidrios y huesos, así como también materia orgánica visibles.
- Seleccionamos la cantidad de agregado a ensayar por el método del cuarteo y lo pesamos.
- Vertemos dicho agregado sobre los tamices ya ordenados de forma decreciente y encendemos el agitador mecánico durante 3 minutos.
- Finalmente pesamos la cantidad de muestra retenida en cada malla.

4.1.1.1.4. Cálculos y resultados

4.1.1.1.4.1. Piedra chancada

Tabla 2: Análisis granulométrico de la piedra chancada

Tamiz	Abertura (Mm)	Peso Retenido (Gr)	% Retenido Parcial	% Acumulado	
				Retenido	Pasa
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	1446.31	60.86	60.86	39.14
3/8"	9.53	797.31	33.55	94.42	5.58
Nº4	4.75	122.88	5.17	99.59	0.41
Base		9.82	0.41	100.00	0.00
TOTAL:		2376.32	100.00		

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

La tabla 2 nos muestra los resultados del análisis granulométrico para la piedra chancada, para lo cual se utilizaron los tamices 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", Nº4, de la tabla 2 se concluye que el tamaño máximo nominal para la piedra chancada es 3/4".

Tabla 3: Límites granulométricos para el agregado grueso

Tamaño nominal	Cantidades mas finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso												
	4" 100 mm	3 1/2" 90 mm	3" 75 mm	2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	1" 25.0 mm	3/4" 19.0 mm	1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	No. 4 4.75 mm	No. 8 2.36 mm	No. 16 1.18 mm
3 1/2" a 1 1/2"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5					
2 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5					
2" a No. 4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5		
1 1/2" a No. 4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5		
1" a 3/4"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5		
1" a No. 4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	
3/4" a No. 4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	
2" a 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5				
1 1/2" a 3/4"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5			
1 a 1/2"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5			
3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5		
1 1/4" a No. 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	
3/8" a No. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400:037

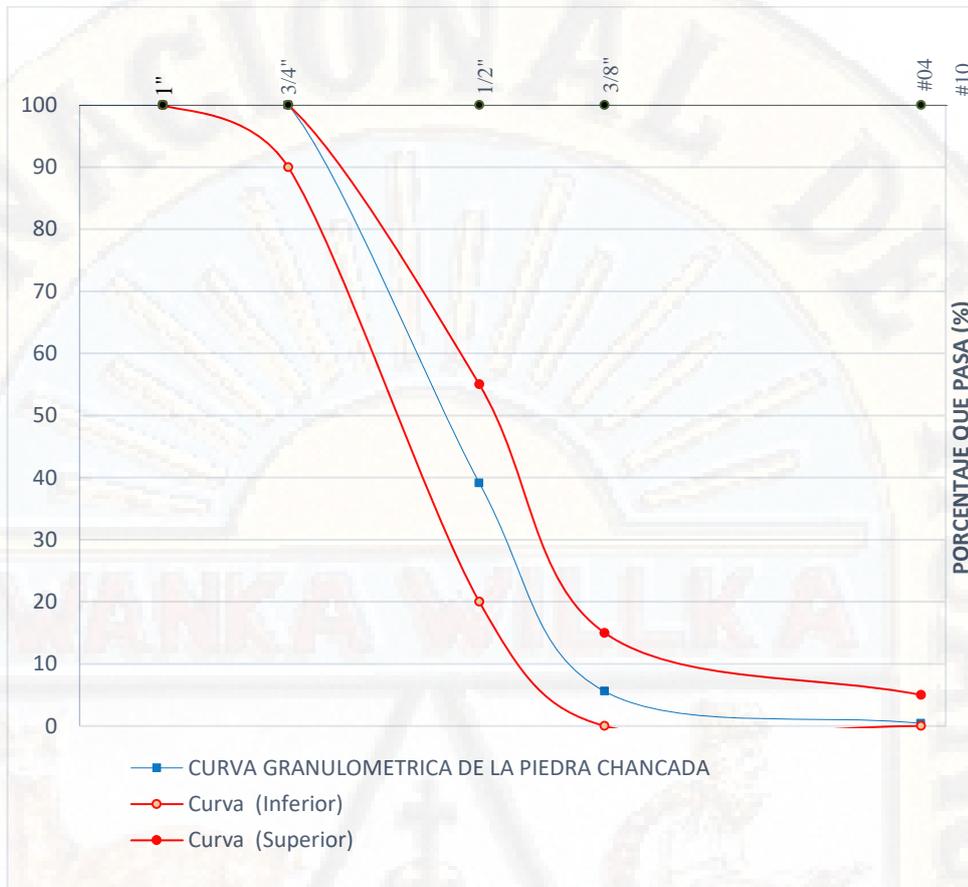


Gráfico 1: Curva granulométrica del agregado grueso

El gráfico 1 nos muestra la curva granulométrica del agregado grueso (piedra chancada), utilizando los datos de la tabla 2, donde se puede apreciar que la granulometría se encuentra dentro del rango permitido, teniendo una curva aceptable.

- **Tamaño máximo:** 1"
- **Tamaño máximo nominal:** 3/4"
- **Módulo de fineza:**

$$m_g = \frac{3/4" + 3/8" + N^{\circ}04 + N^{\circ}08 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$m_g = \frac{94.42 + 99.59 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$m_g = 6.94$$

4.1.1.1.4.2. Arena gruesa

Tabla 4: Análisis granulométrico de la arena gruesa

Tamiz	Abertura (Mm)	Peso Retenido (Gr)	% Retenido Parcial	% Acumulado	
				Retenido	Pasa
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.750	4.12	0.18	0.18	99.82
N°8	2.300	309.40	13.45	13.63	86.37
N°16	1.190	496.87	21.60	35.23	64.77
N°30	0.590	800.26	34.79	70.03	29.97
N°50	0.297	520.53	22.63	92.66	7.34
N°100	0.150	120.96	5.26	97.92	2.08
N°200	0.074	27.46	1.19	99.11	0.89
Base		20.40	0.89	100.00	0.00
TOTAL:		2300.00	100		

Fuente: Elaborado por las tesis.

La tabla 4 nos muestra los resultados del análisis granulométrico para la arena gruesa, para lo cual se utilizaron los tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.

Tabla 5: Límites granulométricos para el agregado fino

Tamiz†	Porcentaje que pasa (en masa)
9.5 mm (¾ pulg.)	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	10 a 30*
150 µm (No. 100)	2 a 10**

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400:037

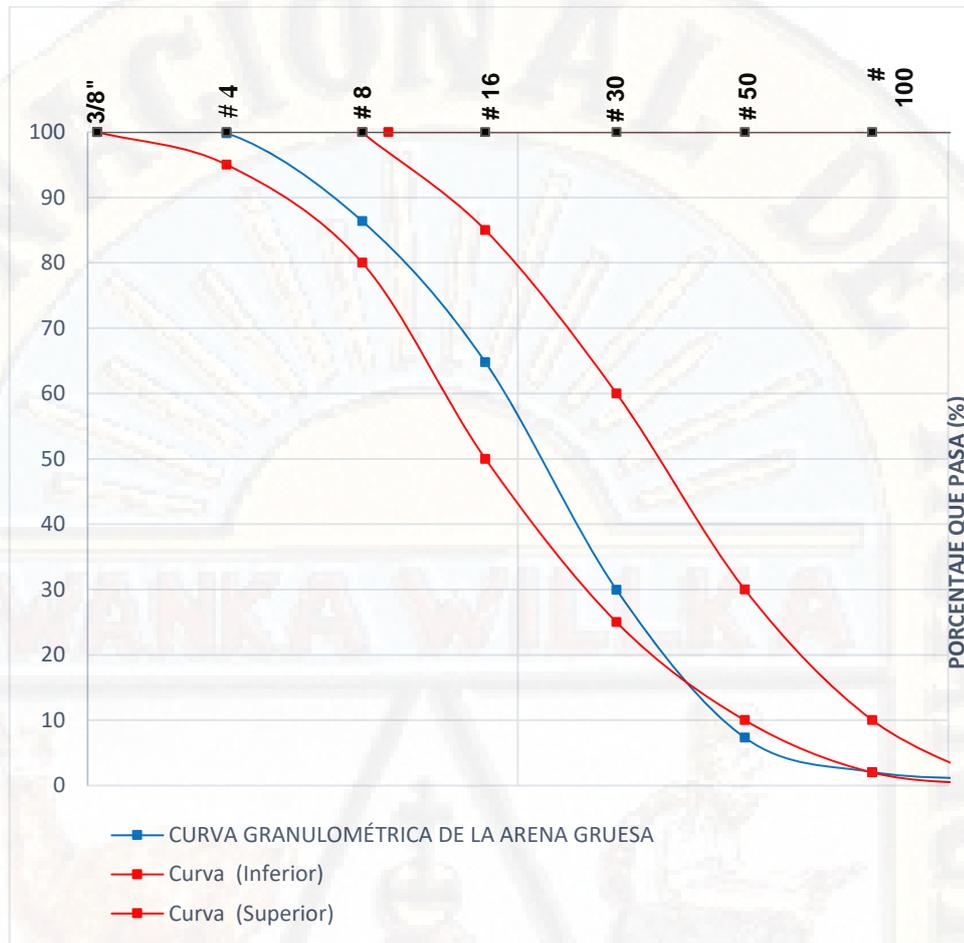


Gráfico 2: Curva granulométrica del agregado fino.

El gráfico 2 nos muestra la curva granulométrica para la arena gruesa, donde se puede observar que los porcentajes que pasan los tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°100, cumplen con los límites granulométricos para el agregado fino, sin embargo el porcentaje que pasa en el tamiz N°50, no cumple con lo estipulado en los límites granulométricos, teniendo como rango para el tamiz N°50, de 10% a 30%, sin embargo para la arena gruesa el porcentaje que pasa es de 7.34%.

- **Módulo de fineza:**

$$m_f = \frac{3/8" + N^{\circ}04 + N^{\circ}08 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$m_f = \frac{0.18 + 13.63 + 35.23 + 70.03 + 92.66 + 97.92}{100}$$

$$m_f = 3.10$$

4.1.1.1.4.3. Canto rodado

Tabla 6: Análisis granulométrico del canto rodado

Tamiz	Abertura (Mm)	Peso retenido (Gr)	% Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasa
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	1543.22	50.75	50.75	49.25
3/8"	9.53	894.56	29.42	80.18	19.82
Nº4	4.75	524.13	17.24	97.41	2.59
Base		78.66	2.59	100.00	0.00
TOTAL:		3040.57	100.00		

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

La tabla 6 nos muestra los resultados del análisis granulométrico para el canto rodado, para lo cual se utilizaron los tamices 1", 3/4", 1/2", 3/8", Nº4. De la tabla 6 se concluye que el tamaño máximo nominal para el canto rodado es 3/4".

Tabla 7: Límites granulométricos para el agregado grueso

Tamaño nominal	Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso												
	4" 100 mm	3½" 90 mm	3" 75 mm	2½" 63 mm	2" 50 mm	1½" 37.5 mm	1" 25.0 mm	¾" 19.0 mm	½" 12.5 mm	⅜" 9.5 mm	No. 4 4.75 mm	No. 8 2.36 mm	No. 16 1.18 mm
3½" a 1½"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5					
2½" a 1½"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5					
2" a No. 4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5		
1½" a No. 4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5		
1" a ¾"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5		
1" a No. 4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	
¾" a No. 4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	
2" a 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5				
1½" a ¾"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5			
1" a ½"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5			
¾" a ⅜"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5		
1½" a No. 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	
⅜" a No. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400:037

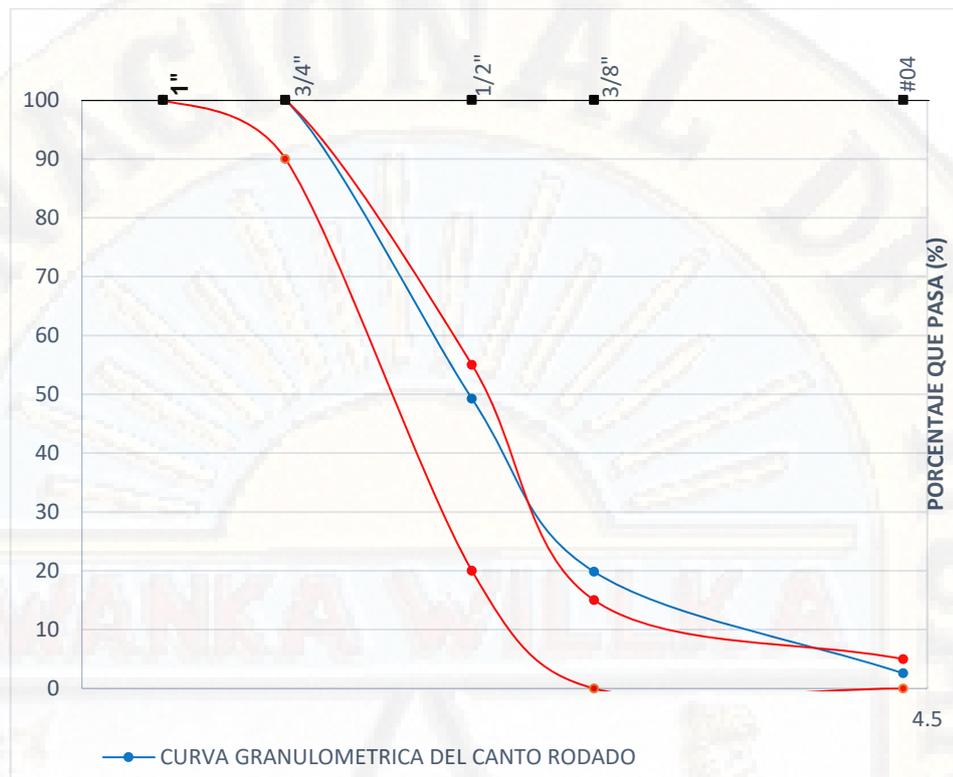


Gráfico 3: Curva granulométrica del canto rodado.

El gráfico 3 nos muestra la curva granulométrica para el canto rodado, donde se puede observar que los porcentajes que pasan los tamices 1", 3/4", 1/2", N°4", cumplen con los límites granulométricos para el agregado grueso, sin embargo el porcentaje que pasa en el tamiz 3/8", no cumple con lo estipulado en los límites granulométricos. Teniendo como rango para el tamiz 3/8", es de 0% a 15%, sin embargo, para la arena gruesa el porcentaje que pasa es de 19.82%.

- **Tamaño máximo:** 1"
- **Tamaño máximo nominal:** 3/4"
- **Módulo de fineza:**

$$m_{gl} = \frac{3/4" + 3/8" + N^{\circ}04 + N^{\circ}08 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$m_{gl} = \frac{80.18 + 97.41 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$m_{gl} = 6.78$$

4.1.1.2. Contenido de humedad (NTP 339.127)

4.1.1.2.1. Objetivo del ensayo

Determinar la cantidad de agua (humedad) para las muestras del agregado fino y grueso expresada en porcentaje de la muestra seca.

4.1.1.2.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Horno
- Balanza.
- Taras
- Agregados.

4.1.1.2.3. Procedimientos

- Pesamos las taras vacías, incluyendo sus tapas.
- Colocar en las taras una muestra representativa del agregado en condiciones húmedos, seguidamente los pesamos.
- Almacenar muestras al horno por 24 horas, temperatura 110 °C.
- Pasado ese tiempo retiramos las muestras del horno y lo dejamos enfriar a temperatura ambiente.
- Finalmente volvemos a pesar la muestra ya seca.

4.1.1.2.4. Cálculos y resultados

4.1.1.2.4.1. Piedra chancada

Tabla 8: Contenido de humedad de la piedra chancada

Descripción	Unidad	Agregado grueso		
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de tara		1	2	3
Peso de tara	gr.	36.34	35.94	36.53
Peso de tara + agregado húmedo	gr.	183.25	181.02	198.99
Peso de tara + agregado seco	gr.	182.21	180.04	198.05
Peso de agregado húmedo	gr.	146.91	145.08	162.46
Peso de agregado seco	gr.	145.87	144.10	161.52
Peso de agua	gr.	1.04	0.98	0.94
Contenido de humedad	%	0.713	0.680	0.582

Fuente: Elaborado por las tesistas.

En la tabla 8 se muestran los resultados de las 3 muestras realizadas para calcular el contenido de humedad de la piedra chancada, donde se puede concluir que el contenido de humedad para la piedra chancada es menor al 1%.

4.1.1.2.4.2. Arena gruesa

Tabla 9: Contenido de humedad del agregado fino

Descripción	Unidad	Agregado fino		
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de tara		4	5	6
Peso de tara	gr.	36.43	36.72	36.27
Peso de tara + agregado húmedo	gr.	153.67	147.83	174.08
Peso de tara + agregado seco	gr.	141.83	138.58	163.22
Peso de agregado húmedo	gr.	117.24	111.11	137.81
Peso de agregado seco	gr.	105.4	101.86	126.95
Peso de agua	gr.	11.84	9.25	10.86
Contenido de humedad	%	11.23	9.08	8.56

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

En la tabla 9 se muestran los resultados de las 3 muestras realizadas para calcular el contenido de humedad de la arena gruesa.

- Contenido de humedad promedio de la piedra chancada

$$W\% = \left(\frac{0.713 + 0.68}{2} \right)$$

$$W\% = 0.697\%$$

$$W\% = \mathbf{0.70\%}$$

- Contenido de humedad promedio de la arena gruesa

$$W\% = \left(\frac{9.08 + 8.56}{2} \right)$$

$$W\% = \mathbf{8.82\%}$$

Nota: Para una mejor precisión de los resultados de los ensayos solo se consideraron los valores más aproximados y se descartaron los demás, es por ello que para este ensayo de las tres muestras ensayadas solo se consideraron dos de ellas.

4.1.1.2.4.3. Canto rodado

Tabla 10: Contenido de humedad del canto rodado

Descripción	Unidad	Agregado grueso		
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de tara		5	2	9
Peso de tara	gr.	36.42	35.81	35.71
Peso de tara + agregado húmedo	gr.	194.44	218.06	213.98
Peso de tara + agregado seco	gr.	192.80	216.83	212.89
Peso de agregado húmedo	gr.	158.02	182.25	178.27
Peso de agregado seco	gr.	156.38	181.02	177.18
Peso de agua	gr.	1.64	1.23	1.09
Contenido de humedad	%	1.049	0.677	0.615

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

En la tabla 10 se muestran los resultados de las 3 muestras realizadas para calcular el contenido de humedad del canto rodado.

- Contenido de humedad promedio del canto rodado

$$W\% = \left(\frac{0.677 + 0.615}{2} \right)$$

$$W\% = 0.65\%$$

4.1.1.3. Peso unitario (NTP 400.017:2011)

4.1.1.3.1. Objetivo del ensayo

Determinar el peso unitario volumétrico para las muestras de agregado fino y grueso por el método de varillado que consiste en la compactación de cada 1/3 del volumen total de la muestra con 25 golpes en cada una de ellas.

4.1.1.3.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Probeta
- Agregado
- Balanza
- Varilla compactadora
- Pala de mano

4.1.1.3.3. Procedimientos

- El procedimiento que requiere este ensayo es similar para la muestra del agregado fino y grueso. Iniciamos el ensayo pesamos el recipiente a utilizar.
- Colocamos en el recipiente una cantidad de muestra respectivamente.
- Nivelamos la muestra sin generar ninguna presión y lo llevamos a pesar.
- Tomados ya los apuntes de los datos respectivamente procedemos a arrojar toda la muestra utilizada y volvemos a llenarla solo hasta un nivel de 1/3 del recipiente.
- Seguidamente empezamos a compactarlo con la varilla dándole 25 golpes, lo mismo repetimos en los 2/3 y finalmente en el volumen total.
- Lo llevamos finalmente a la balanza, tomando los apuntes necesarios para realizar nuestros cálculos.

4.1.1.3.4. Cálculos y resultados

4.1.1.3.4.1. Piedra chancada

Tabla 11: Peso unitario de la piedra chancada

Datos del recipiente	
Diámetro (m)	0.15
Volumen (m³)	0.00529m ³
Altura (m)	0.30
Peso (Kg)	10.160kg
Peso aparente suelto	
	17.66 kg
Peso de muestra + peso de recipiente	17.69 kg
	17.68 kg
	PROM= 17.67 kg
Peso de muestra suelto	7.51 kg
Peso último suelto (kg/m³)	1420.23 kg/m ³
Peso aparente compactado	
	18.49 kg
Peso de muestra + peso de recipiente	18.50 kg
	18.51 kg
	PROM= 18.50 kg
Peso de muestra compactado	8.34 kg
Peso último compactado (kg/m³)	1576.56 kg/m ³

Fuente: Elaborado por las tesis.

La tabla 11 nos muestra los datos del recipiente utilizado para realizar el ensayo de peso unitario, así como también nos muestra que el resultado del peso aparente suelto para la piedra chancada es de 1420.23 kg/m³, y el peso aparente compactado de la piedra chancada es de 1576.56 kg/m³.

4.1.1.3.4.2. Arena gruesa

Tabla 12: Peso unitario de la arena gruesa

Peso aparente suelto	
	18.41 kg
Peso de muestra + peso de recipiente	18.44 kg
	18.40 kg
	PROM= 18.41 kg
Peso de muestra suelto	8.25 kg
Peso último suelto (kg/m³)	1559.92 kg/m ³
Peso aparente compactado	
	19.16 kg
Peso de muestra + peso de recipiente	19.20 kg
	19.16 kg
	PROM= 19.17 kg
Peso de muestra compactado	9.01 kg
Peso último compactado (kg/m³)	1703.59 kg/m ³

Fuente: Elaborado por las tesis.

4.1.1.3.4.3. Canto rodado

Tabla 13: Peso unitario del canto rodado

Peso aparente suelto		
	17.35	kg
Peso de muestra + peso de recipiente	17.33	kg
	17.55	kg
Promedio	17.41	kg
Peso de muestra suelto	7.25	kg
Peso ultimo suelto (kg/m³)	1370.51	kg/m ³
Peso aparente compactado		
	17.86	kg
Peso de muestra + peso de recipiente	17.85	kg
	17.83	kg
Promedio	17.85	kg
Peso de muestra compactado	7.69	kg
Peso último compactado (kg/m³)	1452.93	kg/m ³

Fuente: Elaborado por las tesis.

4.1.1.4. Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso (NTP 400.021:2002)

4.1.1.4.1. Objetivo del ensayo

Determinar el peso específico y porcentaje de absorción de las muestras de agregado grueso, el peso específico saturado con superficie seca y la absorción está basada en agregados remojados en agua después de 24 horas.

4.1.1.4.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Balanza
- Cesta con malla de alambre
- Depósito de agua
- Tamices
- Estufa

4.1.1.4.3. Procedimientos

- En primer lugar, seleccionamos la muestra a utilizar en el presente ensayo cuarteando la muestra, descartando todo material que pasa por el tamiz 4,75mm (N°04).
- Luego se lava el material para remover el polvo.
- Posteriormente se satura la muestra por 24 horas.
- Con una franela se toma porciones de la muestra ya saturada y se seca de manera superficial.
- Consignamos el peso de la muestra saturada superficialmente seca a utilizar.
- Se procede a calibrar la balanza para realizar el cálculo del peso sumergido.
- Pesamos la canastilla y registramos el peso de la canastilla sumergida.
- Pesamos la muestra en la canastilla sumergida dentro del agua.
- Finalmente llevamos la muestra al horno por 24 horas y consignamos el peso de la muestra seca.

4.1.1.4.4. Cálculos y resultados

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico seco} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{B - A}{A} * 100\%$$

Donde:

A = Peso seco en horno (gr)

B = Peso SSD (gr)

C = Peso de la muestra sumergida (gr)

4.1.1.4.4.1. Piedra chancada

Tabla 14: Datos del peso específico de la piedra chancada

	Agregado grueso	Pesos
A	Peso seco en horno (gr)	2955.40
B	Peso SSD (gr)	3000.70
C	Peso de la muestra sumergida (gr)	1860.90

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

Tabla 15: Resultados del peso específico y absorción de la piedra chancada.

Resultados	
Peso específico o aparente	2.70 g
Peso específico seco	2.63 g
Peso específico SSD	2.59 g
Porcentaje de absorción	1.53%

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

En la tabla 15 se indica que el peso específico de la piedra chancada es de 2.59gr, y el porcentaje de absorción es de 1.53%. Estos datos serán con los cuales se trabajarán en el diseño de mezcla.

4.1.1.4.2. Canto rodado

Tabla 16: Datos del peso específico del canto rodado

	Agregado grueso	Pesos
A	Peso seco en horno (gr)	2816.83
B	Peso SSD (gr)	2932.90
C	Peso de agua (gr)	1757.10

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

Tabla 17: Resultados del peso específico y absorción del canto rodado

Resultados	
Peso específico o aparente	2.66g
Peso específico seco	2.49 g
Peso específico SSD	2.396 g
Porcentaje de absorción	4.12%

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

En la tabla 17 se muestra que el peso específico del canto rodado es de 2.396gr, y el porcentaje de absorción es de 4.12%. Estos datos serán con los cuales se trabajarán en el diseño de mezcla.

4.1.1.5. Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino (NTP 400.022:2013)

4.1.1.5.1. Objetivo del ensayo

Establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

4.1.1.5.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Balanza
- Picnómetro
- Frasco
- Cono de Abrahams

4.1.1.5.3. Procedimientos

- Quitamos las impurezas visibles del agregado fino (lavamos el agregado).
- Seleccionamos una muestra representativa de 500 gr.
- Ya en laboratorio se lleva al horno para secarlo superficialmente.
- Una vez sacada la muestra del horno, realizamos el método del cono, que consiste en llenar en tres etapas el cono dándole 25 golpes cada 1/3, a los 2/3 y finalmente en el volumen total de manera que se compacte la muestra.
- Retiramos el cono, el objetivo final de este método es lograr que una vez retirada el cono la muestra del agregado fino se desmorone y no se mantenga la forma del cono, en caso de no lograr al primer intento que la muestra se desmorone tenemos que volver a meter la muestra al horno para que pierda más humedad y así posteriormente lograr lo que buscamos.
- Una vez conseguido que la muestra se desmorone, vertemos dicha muestra a la fiola previamente pesada y llenada con agua.
- Ya vertida la muestra en la fiola, introducimos una cantidad más de agua con la finalidad de saturar la muestra, así como también para quitar las impurezas de dicha muestra.
- Inclinaamos la fiola aproximadamente 45° removiendo de esa manera las impurezas de la muestra, tal fin se logrará cuando se consiga eliminar casi en su totalidad de las burbujas que emanan de la combinación del agregado fino y el agua.
- Dejamos reposar la mezcla de 15 a 20 minutos a un nivel de la fiola de 515mm logrando, de esa manera, que el agregado fino se concentre en la base de la fiola.
- Finalmente pesamos la fiola, el agregado fino y el agua para los cálculos respectivos.

4.1.1.5.4. Cálculos y resultados

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{B + 500g - C}$$

$$\text{Peso específico seco} = \frac{500g}{B + 500g - C}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{500g - A}{A} * 100\%$$

Donde:

A = Peso seco en horno (gr)

B = Peso picnómetro + agua (gr)

C = Peso picnómetro + agua + muestra (gr)

D = Peso SSD (gr)

4.1.1.5.4.1. Agregado fino: Arena gruesa

Tabla 18: Datos del peso específico del agregado fino

Agregado fino	Pesos	
	Muestra 1	Muestra 2
A Peso seco en horno (gr)	472.42	472.94
B Peso picnómetro + agua (gr)	660.46	660.46
C Peso picnómetro + agua + muestra (gr)	956.66	956.81
D Peso SSD (gr)	500.00	500.00

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

Tabla 19: Resultados del peso específico y absorción del agregado fino

Ensayo	Resultados		
	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso específico o aparente	2.681 g	2.676 g	2.679 g
Peso específico seco	2.453 g	2.453 g	2.453 g
Peso específico SSD	2.318 g	2.321 g	2.320 g
Porcentaje de absorción	5.84%	5.72%	5.78%

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

En la tabla 19 se muestran los resultados del peso específico, y porcentaje de absorción de la arena gruesa, en este caso se trabajó con dos muestras, y para fines de diseño se trabajará con el promedio, es decir el peso específico será de 2.320gr y el porcentaje de absorción será de 5.78%, ambos datos para la arena gruesa.

4.1.1.6. Ensayo de abrasión (NTP 400.019:2002)

4.1.1.6.1. Objetivo del ensayo

El objetivo de este ensayo es medir el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento superficial en una muestra de agregado de granulometría preparada. La prueba consiste en hacer golpear una muestra de material con una carga abrasiva dentro de un tambor metálico (giratorio), a una determinada velocidad.

4.1.1.6.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Máquina de los Ángeles
- Esferas de acero
- Tamices
- Balanza
- Horno
- Agregados.

4.1.1.6.3. Procedimientos

- Tamizamos el agregado de acuerdo al tamaño máximo obtenido en el análisis granulométrico antes realizado y pesamos las muestras según exige la norma.
- Colocamos la muestra en la máquina de los Ángeles y tras ello colocamos las esferas de acero.
- Accionamos la máquina para que gire durante 15 minutos.
- Retiramos la muestra de la máquina y luego tamizamos la muestra por la malla nro. 4 y nro. 12.

- Lavamos el material retenido en la malla nro. 12 de esa forma le quitamos el material fino adherido a las partículas.
- Colocamos en el horno la muestra ya lavado durante 24 horas.
- Pasado las 24 horas retiramos la muestra del horno y lo pesamos.

4.1.1.6.4. Cálculos y resultados

4.1.1.6.4.1. Piedra chancada

Tabla 20: Datos de la piedra chancada

Pasa el tamiz	Retenido en tamiz	Cantidad de muestra
3/4"	1/2"	2500.90
1/2"	3/8"	2500.34
Peso total (gr)		5001.24
N° de esferas		11
N° de revoluciones		500
Tiempo de rotación (min)		15
Peso retenido en el tamiz N° 12 (gr)		3700.59

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

$$\%Desgaste = \frac{5001.24 - 3700.59}{5001.24} * 100$$

$$\%Desgaste = 26.01\%$$

4.1.1.6.4.2. Canto rodado

Tabla 21: Datos del canto rodado

Pasa el tamiz	Retenido en tamiz	Cantidad de muestra
3/4"	1/2"	2500.72
1/2"	3/8"	2500.3
Peso total (gr)		5001.02
N° de esferas		11
N° de revoluciones		500
Tiempo de rotación (min)		15
Peso retenido en el tamiz N°12 (gr)		3447.77

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

$$\%Desgaste = \frac{5001.02 - 3447.77}{5001.02} * 100$$

$$\%Desgaste = 31.06\%$$

4.1.2. Diseño de mezcla (Método ACI)

4.1.2.1. Diseño de mezcla para la piedra chancada:

4.1.2.1.1. Determinación de la resistencia a compresión media requerida

Tabla 22: Resistencia a la compresión requerida

Resistencia a compresión especificada, F'c, kg/cm ²	Resistencia a compresión media requerida, F'cr, kg/cm ²
Menos de 210	F'c +70
210 a 350	F'c +85
Más de 350	1.1 F'c +50

Fuente: Norma técnica de edificaciones E.060

De la tabla 29 tenemos que la resistencia a compresión media requerida será:

$$f'cr = f'c + 85$$

$$f'cr = 210 \text{ kg/cm}^2 + 85$$

$$f'cr = 295 \text{ kg/cm}^2$$

4.1.2.1.2. Determinación del tamaño máximo nominal del agregado grueso

A partir del análisis granulométrico de la piedra chancada pudimos determinar que el tamaño máximo es 1" y el tamaño máximo nominal es TMN = 3/4"

4.1.2.1.3. Determinación del asentamiento

Tabla 23: Asentamiento recomendado para diferentes tipos de construcción

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatasy muros de cimentación reforzados	3"	1"
Zapatasy muros simples, cajones y muros subestructura	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI 211.1

El asentamiento recomendado para la construcción de vigas será de 1" a 4"

4.1.2.1.4. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 24: Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio

Descripción	Agregado fino	Piedra chancada
Peso específico (g/cm ³)	2.32	2.59
Peso unitario compactado y seco (kg/m ³)	1703.59	1576.56
Contenido de humedad (%)	8.82	0.70
Porcentaje de absorción (%)	5.78	1.53
Módulo de finesa	3.10	-

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.2.1.5. Determinación del agua de mezclado

Tabla 25: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados

Asentamiento o Slump	Agua en l/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170
Cantidad aproximada de aire atrapado. En porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
5" a 7"	215	205	190	185	170	165	160
Promedio recomendado para el contenido total de aire. En Porcentaje	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: ACI 211.1

Para un tamaño máximo nominal de la piedra chancada que es 3/4" y un asentamiento de 3" a 4" la cantidad aproximada de agua será de 200. lt y la cantidad de aire atrapado será de 2%

4.1.2.1.6. Determinación de la cantidad de cemento

Tabla 26: Relación agua / cemento y resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días ($f'c$) (kg/cm ²)	Relación agua / Cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38
400	0.43
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: ACI 211.1

Con la tabla 26 calculamos la relación agua/cemento para una resistencia a la compresión $F'c=295$ kg/cm²:

$$50 \left\{ \begin{array}{l} f'c \\ 300 \\ \mathbf{295} \\ 250 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} a/c \\ 0.55 \\ x \\ 0.62 \end{array} \right\} y \left. \right\} 0.07$$

Calculamos el valor de “y” por regla de tres simples:

$$50 \text{ ————— } 0.07$$

$$45 \text{ ————— } y$$

$$y = \frac{45 * 0.07}{50}$$

$$y = 0.063$$

La relación agua/cemento para una resistencia $F'c=295$ kg/cm² será igual a:

$$x = \frac{a}{c} - y$$

$$x = 0.62 - 0.063$$

$$x = \mathbf{0.557}$$

Finalmente, la cantidad de cemento será:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Agua de mezclado}}{\text{relación } \frac{a}{c} \text{ (para } F'c)} \text{ (kg)}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{200}{0.557} \text{ (kg)}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 359.07 \text{ kg}$$

4.1.2.1.7. Determinación del peso seco del agregado grueso

Tabla 27: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de Agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finza de agregado fino			
	Módulo de finza del agregado fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

De la tabla 27 podemos obtener el volumen de agregado grueso, seco y compactado, para un módulo de finza de 3.1 y un tamaño máximo nominal de 3/4" de la arena gruesa.

De la tabla 27 determinamos el valor del volumen seco y compactado del agregado grueso será:

$$x = 0.59 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el peso seco del agregado grueso será:

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.59 * P.U.$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.59(\text{m}^3) * 1576.56 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}\right)$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 930.17 \text{ kg}$$

Donde:

P.U.: Peso unitario compactado seco del agregado grueso en kg/cm³

4.1.2.1.8. Determinación del peso seco del agregado fino

A. Método de los pesos

Tabla 28: Primera estimación de peso del concreto fresco

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Primera estimación del peso del concreto en kg/m ³	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Fuente: ACI 211.1

Haciendo uso de la tabla 28 para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" y sin aire incorporado tenemos que el peso unitario del concreto fresco es:

$$P. U. \text{ concreto fresco} = 2355 \text{ kg/cm}^3$$

Además, tenemos que:

$$Agua = 200 \text{ lt}$$

$$Cemento = 359.07 \text{ kg}$$

$$Agregado grueso = 930.17 \text{ kg}$$

Entonces el peso del agregado fino por m³ de concreto será:

$$Agregado fino = 2355 - (200 + 359.07 + 930.17)$$

$$Agregado fino = 865.76 \text{ kg}$$

Resumen de materiales:

Tabla 29: Resumen de materiales por el método de los pesos

Materiales	Pesos (kg)
Cemento	359.07 kg
A. grueso (seco)	930.17 kg
A. fino (seco)	865.76 kg
Agua (lt)	200 lt

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

B. Método de los volúmenes absolutos

Volúmenes absolutos de los materiales por m³ de concreto:

- Volumen del cemento:

$$Vol. cemento = \frac{359.07(kg)}{3.15 * 1000(\frac{kg}{cm^3})}$$

$$Vol. cemento = 0.11 m^3$$

- Volumen de agua:

$$Vol. agua = \frac{200 (lt)}{1000(\frac{lt}{cm^3})}$$

$$Vol. agua = 0.20 m^3$$

- Volumen de aire atrapado:

$$Vol. aire atrapado = \frac{2 * 1}{100}$$

$$Vol. aire atrapado = 0.02 m^3$$

- Volumen del agregado grueso:

$$Vol. agregado grueso = \frac{930.17(kg)}{2.593 * 1000(\frac{kg}{cm^3})}$$

$$Vol. agregado grueso = 0.36 m^3$$

- Volumen del agregado fino:

$$\text{Vol. agregado fino} = 1 - (0.1140 + 0.2 + 0.02 + 0.359)$$

$$\text{Vol. agregado fino} = 0.31 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el peso del agregado fino será:

$$\text{Peso agregado fino} = \text{Vol. af} * \text{Pe} * 1000$$

$$\text{Peso agregado fino} = 0.3073(\text{m}^3) * 2.32\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right) * 1000$$

$$\text{Peso agregado fino} = 712.91 \text{ kg}$$

Resumen de materiales:

Tabla 30: Resumen de materiales por el método de los volúmenes

Materiales	Volumen(m3)
Cemento	0.11 m3
A. grueso (seco)	0.36 m3
A. fino (seco)	0.31 m3
Agua	0.20 m3

Fuente: Elaborado por las tesis.

4.1.2.1.9. Ajustes por humedad

Realizamos los ajustes por humedad de los agregados grueso y fino y del volumen unitario de agua de mezclado:

- Peso del agregado fino húmedo:

$$\text{Peso del A. F. humedo} = \text{Peso A. F. seco} * W\%A. F$$

$$\text{Peso del A. F. humedo} = 712.91 * \left(\frac{8.82}{100} + 1\right)$$

$$\text{Peso del agregado fino humedo} = 775.77 \text{ kg}$$

- Peso del agregado grueso húmedo:

$$\text{Peso del A. G. humedo} = \text{Peso A. G. seco} * W\% \text{A. G.}$$

$$\text{Peso del A. G. humedo} = 930.17 * \left(\frac{0.70}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Peso del agregado grueso humedo} = 936.65 \text{ kg}$$

- Agua neta o efectiva:

$$\text{Agua neta o efectiva} = \text{Agua de diseño} - (X + Y)$$

Dónde:

$$X = \text{Agua en A. F.} = \text{Peso A. F.} * (W\% - \text{Abs}\%)$$

$$\text{Agua en agregado fino} = 712.91 * \left(\frac{8.82 - 5.78}{100} \right)$$

$$\text{Agua en agregado fino} = 21.658 \text{ lt}$$

$$Y = \text{Agua en A. G.} = \text{Peso A. G.} * (W\% - \text{Abs}\%)$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = 930.17 * \left(\frac{0.697 - 1.533}{100} \right)$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = -7.776 \text{ lt}$$

Por lo tanto:

$$\text{Agua neta o efectiva} = 200 - (21.658 + (-7.776))$$

$$\text{Agua neta o efectiva} = 186.12 \text{ lt}$$

Resumen de materiales:

Tabla 31: Resumen de materiales ajustado por humedad

Materiales	Pesos (kg/m³)	
Cemento	359.07	kg/m³
Agregado grueso	936.65	kg/m³
Agregado fino	775.77	kg/m³
Agua efectiva	186.12	lt/m³

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.2.1.10. Determinación de la proporción en peso de diseño

El procedimiento consiste en expresar las cantidades como una relación en peso, relacionándolas a la cantidad de cemento que está siendo utilizada. Por lo tanto, por cada kg de cemento se utilizará:

$$\text{Cemento} = \frac{359.07}{359.07} = 1.00$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{936.65}{359.07} = 2.61$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{775.77}{359.07} = 2.16$$

$$\text{Agua efectiva} = \frac{186.12}{359.07} = 0.52$$

Esta relación se expresa de la siguiente manera:

1.00 : 2.61 : 2.16 / 0.52

4.1.2.1.11. Cantidad de materiales por tanda

Para calcular la cantidad de materiales por tanda se multiplica por una bolsa de cemento de 42.50 kg a cada material:

Tabla 32: Resumen de materiales por tanda

Materiales	Cantidad
Cemento	42.50 kg
Agregado grueso	110.86 kg
Agregado fino	91.82 kg
Agua efectiva	22.03 lt

Fuente: Elaborado por las tesis.

4.1.2.1.12. Cantidad de materiales para probetas

Calculamos el volumen de las probetas:

$$Vol. probeta = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

$$Vol. probeta = \frac{\pi * 0.15^2}{4} * 0.30$$

$$Vol. probeta = 0.0053 m^3$$

Volumen para 5 probetas:

$$Vol. total probetas = 5 * (0.0053)$$

$$Vol. total probetas = 0.027 m^3$$

Cantidad de materiales:

Tabla 33: Resumen de materiales para cinco probetas de piedra chancada

Materiales	Cantidad
Cemento	9.69 kg
Agregado grueso	25.29 kg
Agregado fino	20.95 kg
Agua efectiva	5.03 lt

Fuente: Elaborado por las tesistas.

4.1.2.1.13. Cantidad de materiales para vigas.

Calculamos el volumen de las vigas:

$$Vol. viga = b * h * l$$

$$Vol. viga = 0.25 * 0.25 * 0.80$$

$$Vol. viga = 0.05 m^3$$

Volumen para 5 vigas de concreto simple:

$$\text{Vol. total vigas} = 5 * (0.05)$$

$$\text{Vol. total vigas} = 0.25 \text{ m}^3$$

Cantidad de materiales:

Tabla 34: Resumen de materiales para cinco vigas

Materiales	Cantidad
Cemento	89.767 kg
Agregado grueso	234.16 kg
Agregado fino	193.94 kg
Agua efectiva	46.53 lt

Fuente: Elaborado por las tesis.

4.1.2.2. Diseño de mezcla para el canto rodado:

4.1.2.2.1. Determinación de la resistencia a compresión media requerida

De la tabla 29 tenemos que la resistencia a compresión media requerida será:

$$f'_{cr} = f'_c + 85$$

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 85$$

$$f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

4.1.2.2.2. Determinación del tamaño máximo nominal del agregado grueso

A partir del análisis granulométrico del canto rodado pudimos determinar que el tamaño máximo es 1" y el tamaño máximo nominal es $\text{TMN} = 3/4''$

4.1.2.2.3. Determinación del asentamiento

De la tabla 30, tenemos que el asentamiento recomendado para la construcción de vigas es de 1" a 4".

4.1.2.2.4. Datos obtenidos del laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 35: Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio

Descripción	Agregado fino	Canto rodado
Peso específico (g/cm ³)	2.32	2.40
Peso unitario compactado y seco (kg/m ³)	1703.59	1452.93
Contenido de humedad (%)	8.82	0.65
Porcentaje de absorción (%)	5.78	4.12
Módulo de finesa	3.10	-

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.2.2.5. Determinación del agua de mezclado

De la tabla 25, tenemos que para un tamaño máximo nominal del canto rodado que es 3/4" y un asentamiento de 3" a 4" la cantidad aproximada de agua será de 200. lt y la cantidad de aire atrapado será de 2%

4.1.2.2.6. Determinación de la cantidad de cemento

Con la tabla 26 calculamos la relación agua/cemento para una resistencia a la compresión $f'c=295 \text{ kg/cm}^2$:

$$50 \left\{ \begin{array}{l} f'c \\ a/c \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} 300 \\ 0.55 \\ 295 \\ x \\ 250 \\ 0.62 \end{array} \right. y \left. \right\} 0.07$$

Calculamos el valor de "y" por regla de tres simples:

$$50 \text{ ———— } 0.07$$

$$45 \text{ ———— } y$$

$$y = \frac{45 * 0.07}{50}$$

$$y = 0.063$$

La relación agua/cemento para una resistencia $F'c=295\text{kg/cm}^2$ será igual a:

$$x = \frac{a}{c} - y$$

$$x = 0.62 - 0.063$$

$$x = \mathbf{0.557}$$

Finalmente, la cantidad de cemento será:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Agua de mezclado}}{\text{relación } \frac{a}{c} \text{ (para } F'c)} \text{ (kg)}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{200}{0.557} \text{ (kg)}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = \mathbf{359.07 \text{ kg}}$$

4.1.2.2.7. Determinación del peso seco del agregado grueso

De la Tabla n° 27 determinamos que el volumen seco y compactado del agregado grueso será:

$$x = \mathbf{0.59 \text{ m}^3}$$

Por lo tanto, el peso seco del agregado grueso será:

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.59 * P.U.$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.59(\text{m}^3) * 1452.93\left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}\right)$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = \mathbf{857.23 \text{ kg}}$$

Dónde:

P.U.: Peso unitario compactado seco del agregado grueso en kg/cm^3

4.1.2.2.8. Determinación del peso seco del agregado fino

A. Método de los pesos

Haciendo uso de la tabla 28 para el canto rodado con tamaño máximo nominal de 3/4" y sin aire incorporado tenemos que el peso unitario del concreto fresco es:

$$P. U. \text{concreto fresco} = 2355 \text{ kg/cm}^3$$

Además, tenemos que:

$$\text{Agua} = 200 \text{ lt}$$

$$\text{Cemento} = 359.07 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 857.23 \text{ kg}$$

Entonces el peso del agregado fino por m³ de concreto será:

$$\text{Agregado fino} = 2355 - (200 + 359.07 + 857.23)$$

$$\text{Agregado fino} = 938.70 \text{ kg}$$

Resumen de materiales:

Tabla 36: Resumen de materiales por el método de los pesos

Materiales	Pesos (Kg)
Cemento	359.07 kg
A. grueso (seco)	857.23 kg
A. fino (seco)	938.70 kg
Agua (lt)	200 lt

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

B. Método de los volúmenes absolutos

Volúmenes absolutos de los materiales por m³ de concreto:

- Volumen del cemento:

$$\text{Vol. cemento} = \frac{359.07(\text{kg})}{3.15 * 1000\left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}\right)}$$

$$\text{Vol. cemento} = 0.11 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua:

$$Vol. agua = \frac{200 (lt)}{1000(\frac{lt}{cm^3})}$$

$$Vol. agua = 0.20 m^3$$

- Volumen de aire atrapado:

$$Vol. aire atrapado = \frac{2 * 1}{100}$$

$$Vol. aire atrapado = 0.02 m^3$$

- Volumen del agregado grueso:

$$Vol. agregado grueso = \frac{857.23(kg)}{2.40 * 1000(\frac{kg}{cm^3})}$$

$$Vol. agregado grueso = 0.36 m^3$$

- Volumen del agregado fino:

$$Vol. agregado fino = 1 - (0.1140 + 0.2 + 0.02 + 0.359)$$

$$Vol. agregado fino = 0.31 m^3$$

Por lo tanto, el peso del agregado fino será:

$$Peso agregado fino = Vol. af * Pe * 1000$$

$$Peso agregado fino = 0.3088(m^3) * 2.32(\frac{g}{m^3}) * 1000$$

$$Peso agregado fino = 716.49 kg$$

Resumen de materiales:

Tabla 37: Resumen de materiales por el método de los volúmenes

Materiales	Volumen(m3)
Cemento	0.11 m3
A. grueso (seco)	0.36 m3
A. fino (seco)	0.31 m3
Agua	0.20 m3

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.2.2.9. Ajustes por humedad

Realizamos los ajustes por humedad de los agregados grueso y fino y del volumen unitario de agua de mezclado:

- Peso del agregado fino húmedo:

$$\text{Peso del A. F. humedo} = \text{Peso A. F. seco} * W\%A. F$$

$$\text{Peso del A. F. humedo} = 716.49 * \left(\frac{8.82}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Peso del agregado fino humedo} = 779.67 \text{ kg}$$

- Peso del agregado grueso húmedo:

$$\text{Peso del A. G. humedo} = \text{Peso A. G. seco} * W\%A. G.$$

$$\text{Peso del A. G. humedo} = 857.23 * \left(\frac{0.65}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Peso del agregado grueso humedo} = 862.80 \text{ kg}$$

- Agua neta o efectiva:

$$\text{Agua neta o efectiva} = \text{Agua de diseño} - (X + Y)$$

Dónde:

$$X = \text{Agua en A. F.} = \text{Peso A. F.} * (W\% - \text{Abs}\%)$$

$$\text{Agua en agregado fino} = 716.49 * \left(\frac{8.82 - 5.78}{100} \right)$$

$$\text{Agua en agregado fino} = 21.78 \text{ lt}$$

$$Y = \text{Agua en A. G.} = \text{Peso A. G.} * (W\% - \text{Abs}\%)$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = 857.23 * \left(\frac{0.65 - 4.12}{100} \right)$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = -29.75 \text{ lt}$$

Por lo tanto:

$$\text{Agua neta o efectiva} = 200 - (21.78 + (-29.75))$$

$$\text{Agua neta o efectiva} = 207.98 \text{ lt}$$

Resumen de materiales:

Tabla 45: Resumen de materiales ajustado por humedad

Materiales	Pesos (kg/m3)	
Cemento	359.07	kg/m3
Agregado grueso	862.80	kg/m3
Agregado fino	779.67	kg/m3
Agua efectiva	207.98	lt/m3

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.2.2.10. Determinación de la proporción en peso de diseño

El procedimiento consiste en expresar las cantidades como una relación en peso, relacionándolas a la cantidad de cemento que está siendo utilizada. Por lo tanto, por cada kg de cemento se utilizará:

$$\text{Cemento} = \frac{359.07}{359.07} = 1.00$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{862.80}{359.07} = 2.40$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{779.67}{359.07} = 2.17$$

$$\text{Agua efectiva} = \frac{207.98}{359.07} = 0.58$$

Esta relación se expresa de la siguiente manera:

$$\underline{\underline{1.00 \quad : \quad 2.40 \quad : \quad 2.17 \quad / \quad 0.58}}$$

4.1.2.2.11. Cantidad de materiales por tanda

Para calcular la cantidad de materiales por tanda se multiplica por una bolsa de cemento de 42.50 kg a cada material:

Tabla 46: Resumen de materiales por tanda

Materiales	Cantidad
Cemento	42.50 kg
Agregado grueso	102.12 kg
Agregado fino	92.28 kg
Agua efectiva	24.62 lt

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.2.2.12. Cantidad de materiales para probetas

Calculamos el volumen de las probetas:

$$Vol. probeta = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

$$Vol. probeta = \frac{\pi * 0.15^2}{4} * 0.30$$

$$Vol. probeta = 0.0053 m^3$$

Volumen para 5 probetas:

$$Vol. total probetas = 5 * (0.0053)$$

$$Vol. total probetas = 0.027 m^3$$

Cantidad de materiales:

Tabla 47: Resumen de materiales para cinco probetas

Materiales	Cantidad
Cemento	9.69 kg
Agregado grueso	23.30 kg
Agregado fino	21.05 kg
Agua efectiva	5.62 lt

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.2.2.13. Cantidad de materiales para vigas.

Calculamos el volumen de las vigas:

$$\mathbf{Vol. viga = b * h * l}$$

$$\mathbf{Vol. viga = 0.25 * 0.25 * 0.80}$$

$$\mathbf{Vol. viga = 0.05 m^3}$$

Volumen para 5 vigas de concreto simple:

$$\mathbf{Vol. total vigas = 5 * (0.05)}$$

$$\mathbf{Vol. total vigas = 0.25 m^3}$$

Cantidad de materiales:

Tabla 48: Resumen de materiales para cinco vigas

Materiales	Cantidad
Cemento	89.76 kg
Agregado grueso	215.70kg
Agregado fino	194.92 kg
Agua efectiva	52.00 lt

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.3. Ensayo de consistencia (NTP 339.035:2009)

4.1.3.1. Objetivo del ensayo

El objetivo del ensayo es determinar el comportamiento del concreto estando este en estado fresco, de manera visual y con la ayuda de una regla se determinará el asentamiento, y con ello se determinará la capacidad que tendrá el concreto para adaptarse al encofrado.

4.1.3.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Molde
- Cucharón
- Varillador
- Mezcla de concreto
- Regla

4.1.3.3. Procedimientos

- En primer lugar, se uniformiza la mezcla, ya que ello nos ayudará a obtener mejores resultados.
- Se debe humedecer el molde que tiene la forma troncocónica y colocarlo sobre una superficie plana, húmeda, no absorbente y rígida. La sección de diámetro inferior debe estar en la parte superior.
- Se debe sujetar muy bien el molde.
- Se debe verter la mezcla hasta aproximadamente $1/3$ del molde.
- Se varillará esta primera capa con 25 golpes utilizando una varilla de acero de diámetro $5/8''$ la cual tiene la punta redondeada.
- Seguidamente se vierte la mezcla hasta los $2/3$ del molde, y al igual que en la primera capa se varilla con 25 golpes.
- Finalmente vierta la última capa hasta llenar el molde y dar 25 golpes, si en caso llegara a derramarse el concreto de los bordes agregue un poco con la finalidad de obtener el molde completamente lleno.
- Retirar el molde de manera vertical y de manera cuidadoso para evitar fallas en el ensayo.
- El asentamiento será determinado por las diferencias de alturas entre el molde y la mezcla.

4.1.3.4. Cálculos y resultados

4.1.3.4.1. Concreto con piedra chancada:

Slump = 3.15 in: 3"- 4"

4.1.3.4.2. Concreto con canto rodado:

Slump = 3.19 in: 3"- 4"

4.1.4. Resistencia a la compresión (NTP-339.034:2008)

4.1.4.1. Objetivo del ensayo

Establecer la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas

4.1.4.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Máquina de compresión.
- Probetas

4.1.4.3. Procedimientos

- Los ensayos a compresión de probetas serán tan pronto se retire del almacenaje de humedad.
- Los cilindros serán ensayados en condiciones húmedas.
- Se coloca el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal limpiarlas caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de las probetas de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.
- Antes de ensayar la probeta se deberá verificar que el indicador de carga este en cero.
- Seguidamente se aplicará la carga con una velocidad que será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.
- No se deberá hacer ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.

4.1.4.4. Cálculos y resultados

4.1.4.4.1. Concreto con piedra chancada

Tabla 38: Cálculo de la resistencia obtenida a los 28 días

Resultados						
Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	17/04/2019	15/05/2019	28	15.21	39106	215.37
N° 02	17/04/2019	15/05/2019	28	15.20	41706	229.97
N° 03	17/04/2019	15/05/2019	28	15.22	40512	222.62
N° 04	17/04/2019	15/05/2019	28	15.20	40812	224.80
N° 05	17/04/2019	15/05/2019	28	15.22	31867	208.22

Fuente: Elaborado por las tesis.

4.1.4.4.2. Concreto con canto rodado

Tabla 39: Cálculo de la resistencia obtenida a los 28 días

Resultados						
Probeta N°	Fecha de elaboración	Rotura de probetas				
		Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia obtenida (Kgf/cm ²)
N° 01	12/04/2019	10/05/2019	28	15.21	36580	201.28
N° 02	12/04/2019	10/05/2019	28	15.22	32640	179.32
N° 03	12/04/2019	10/05/2019	28	15.19	36780	203.10
N° 04	12/04/2019	10/05/2019	28	15.20	36540	201.35
N° 05	12/04/2019	10/05/2019	28	15.20	37940	209.09

Fuente: Elaborado por las tesis.

4.1.5. Resistencia a la flexión (NTP 339.079:2012)

4.1.5.1. Objetivo del ensayo

Este método de ensayo es usado para determinar el módulo de rotura de especímenes. La resistencia determinada variará donde haya diferencias en el tamaño del espécimen, preparación, condiciones de humedad, o curado. Los resultados de este método de ensayo pueden ser usados para determinar confianza con las especificaciones o como una base para el proporcionamiento, mezclado y operaciones de colocación. Este método de ensayo produce valores de resistencia a la flexión significativamente mayores que el método de ensayo C - 78.

4.1.5.2. Equipos, instrumentos y materiales

- Máquina de flexión de materiales de concreto.
- Mezcladora de concreto.
- Balanza.
- Materiales para elaborar el concreto.
- Materiales para encofrado.
- Herramientas manuales.

4.1.5.3. Procedimientos

- Iniciamos el ensayo con la elaboración del encofrado para las vigas de tamaño 0.25cm x 0.25cm x 0.80cm.
- Una vez culminado los encofrados elaboramos la mezcla de concreto con el diseño de mezcla antes ya calculado para la piedra chancado y canto rodado.
- Vaciamos la mezcla de concreto sobre los encofrados de madera y 24 horas después iniciamos a curarlos durante los 28 días siguientes.
- Pasado tres o cuatro días del vaciado desencoframos las vigas de concreto.
- Una vez cumplido los 28 días de curado de las vigas, ensayamos dichos especímenes en la máquina de flexión de materiales de concreto.

4.1.5.4. Cálculos y resultados

4.1.5.4.1. Concreto con piedra chancada

4.1.5.4.1.1. Gráfico desplazamiento vs fuerza

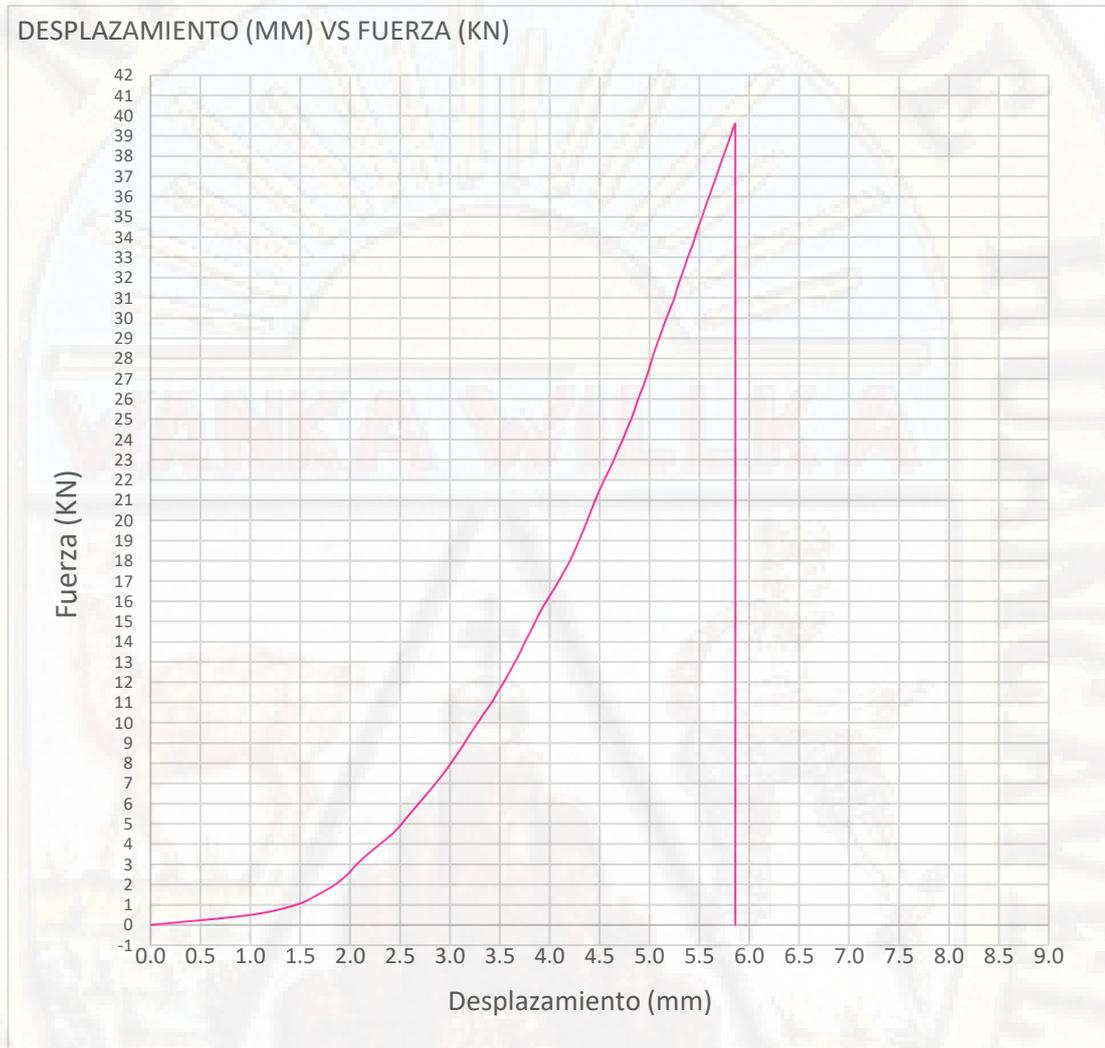


Gráfico 4: Desplazamiento vs fuerza de la viga 01

El gráfico 4 nos ilustra el comportamiento del desplazamiento vs fuerza de la viga 01 elaborada con concreto con piedra chancada donde se puede observar que para una fuerza máxima de 39.60 KN, se obtiene un desplazamiento de 5.86 mm.

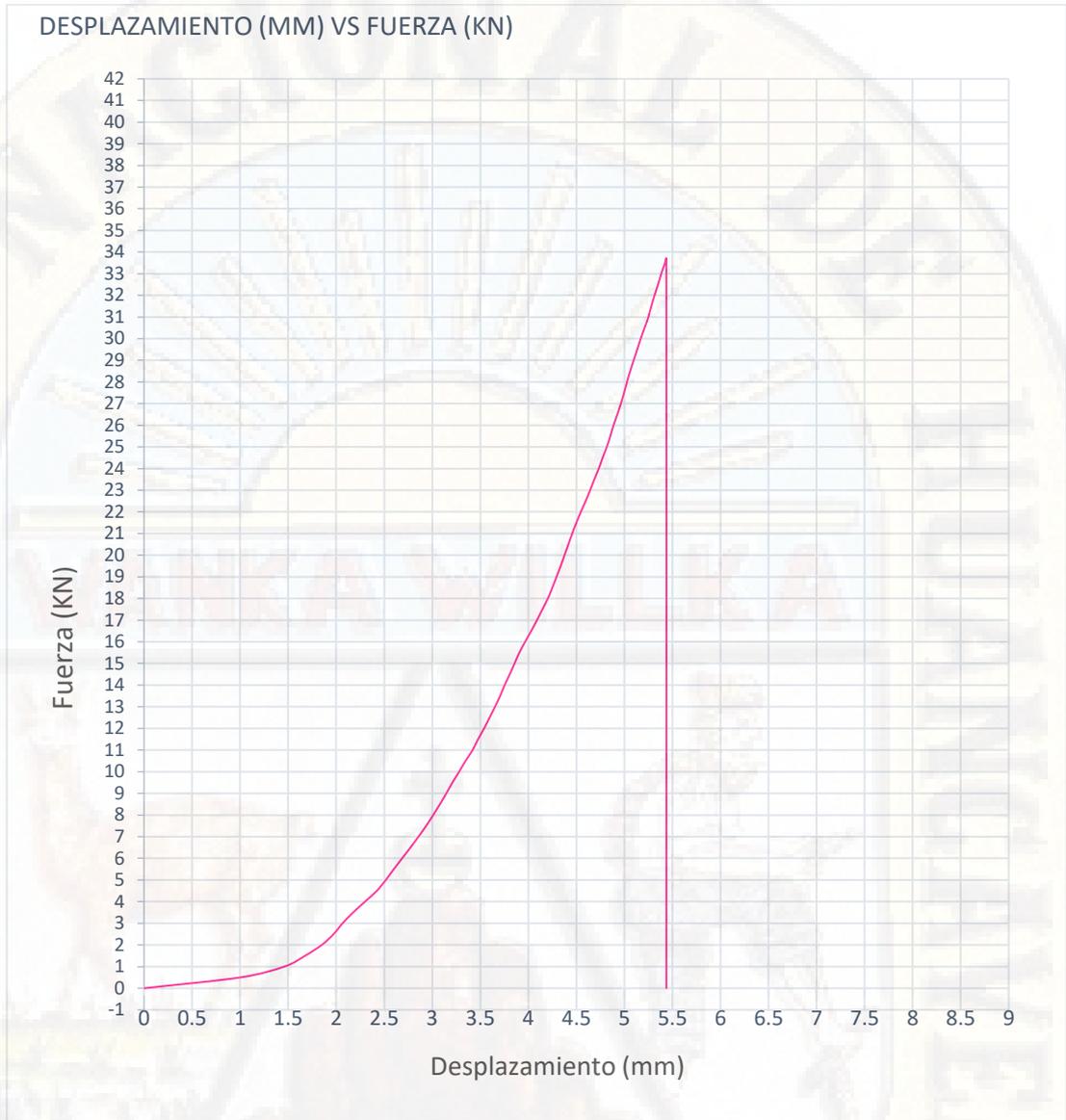


Gráfico 5: Desplazamiento vs fuerza de la viga 02

El gráfico 5 nos ilustra el comportamiento del desplazamiento vs fuerza de la viga 02 elaborada con piedra chancada donde se puede observar que para una fuerza máxima de 33.70 KN, se obtiene un desplazamiento de 5.44 mm.

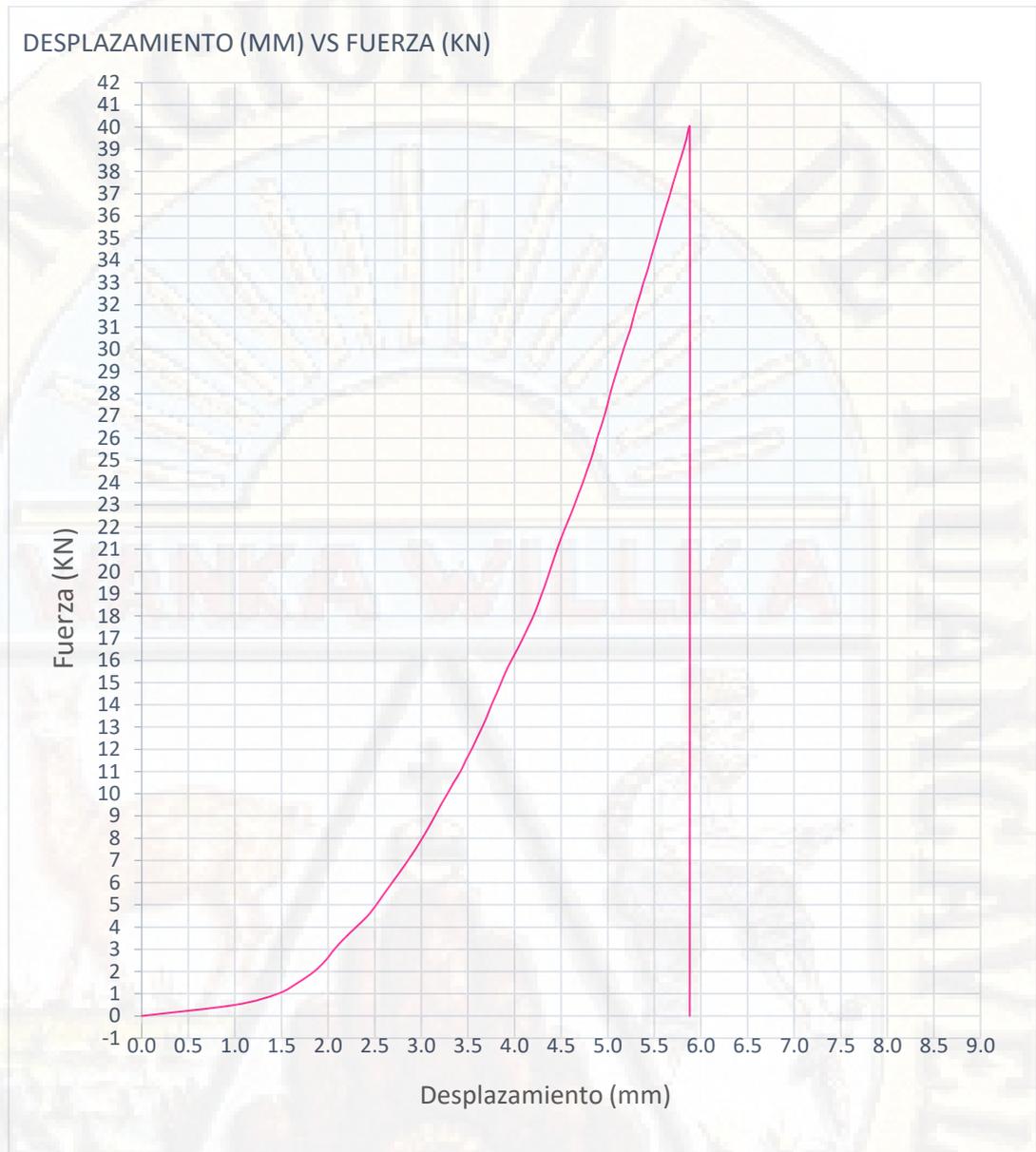


Gráfico 6: Desplazamiento vs fuerza de la viga 03

El gráfico 6 nos ilustra el comportamiento del desplazamiento vs fuerza de la viga 03 elaborada con piedra chancada donde se puede observar que para una fuerza máxima de 40.00 KN, se obtiene un desplazamiento de 5.88 mm.

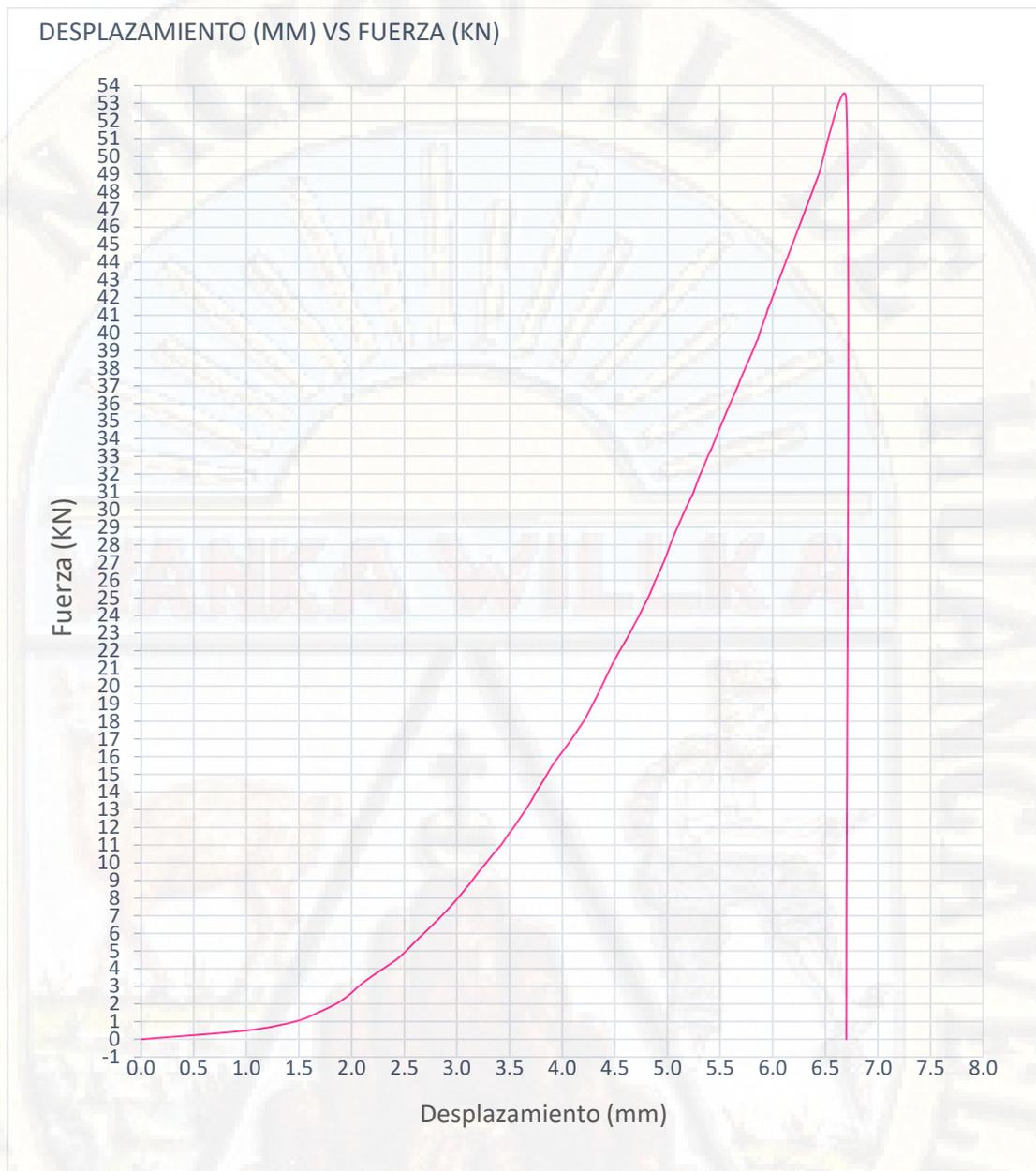


Gráfico 7: Desplazamiento vs fuerza de la viga 04

El grafico 7 nos ilustra el comportamiento del desplazamiento vs fuerza de la viga 04 elaborada con piedra chancada donde se puede observar que para una fuerza de 53.10 KN, se obtiene un desplazamiento de 6.70mm.

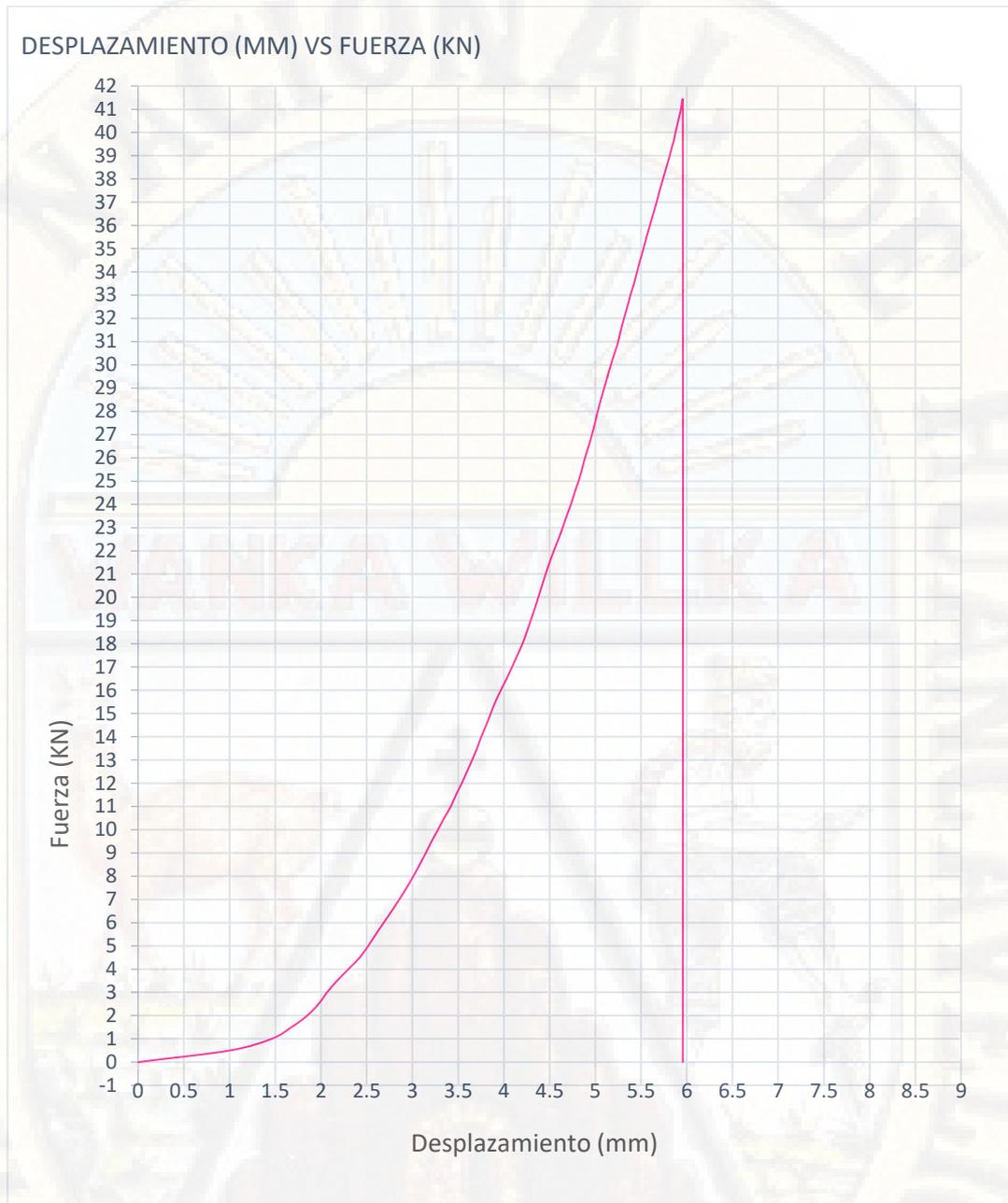


Gráfico 8: Desplazamiento vs fuerza de la viga 05

El grafico 8 nos ilustra el comportamiento desplazamiento vs fuerza de la viga 05 elaborada con piedra chancada donde se puede observar que para una fuerza de 41.40 KN, se obtiene un desplazamiento de 5.96mm.

4.1.5.4.1.2. Resumen de gráficos

Tabla 40: Resumen de gráficos

Número de viga	Fuerza máxima (kn)	Desplazamiento máximo (mm)
Viga N° 01	39.60	5.86
Viga N° 02	33.70	5.44
Viga N° 03	40.00	5.88
Viga N° 04	53.10	6.70
Viga N° 05	41.40	5.96

Fuente: Elaborado por las tesis.

La tabla 40 nos presenta un resumen de los datos obtenidos de los gráficos 4, 5, 6, 7, 8, de fuerza máxima, y desplazamiento de las cinco vigas de concreto elaborados con piedra chancada.

4.1.5.4.1.3. Cálculo del módulo de rotura

Tabla 41: Módulo de roturas para el concreto elaborado con piedra chancada.

Número de viga	Tiempo de curado	Fuerza máxima (Kgf)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Peralte promedio (cm)	Módulo de rotura (Kgf/cm ²)
Viga N° 01	28 días	4038.08	75.10	25.00	25.30	28.92
				24.80	25.10	
				24.90	25.00	
				24.90	25.13	
Viga N° 02	28 días	3436.44	75.20	25.00	25.00	24.61
				24.80	25.10	
				25.00	25.30	
				24.93	25.13	
Viga N° 03	28 días	4078.86	75.00	25.00	25.10	29.13
				25.00	25.10	
				24.80	25.20	
				24.93	25.13	
Viga N° 04	28 días	5414.69	75.10	25.00	25.00	38.68
				24.80	25.30	
				24.90	25.20	
				24.90	25.17	
Viga N° 05	28 días	4221.63	75.00	25.00	25.20	29.95
				25.00	25.20	
				25.10	25.10	
				25.03	25.17	

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

4.1.5.4.2. Concreto con canto rodado

4.1.5.4.2.1. Gráfico desplazamiento vs fuerza

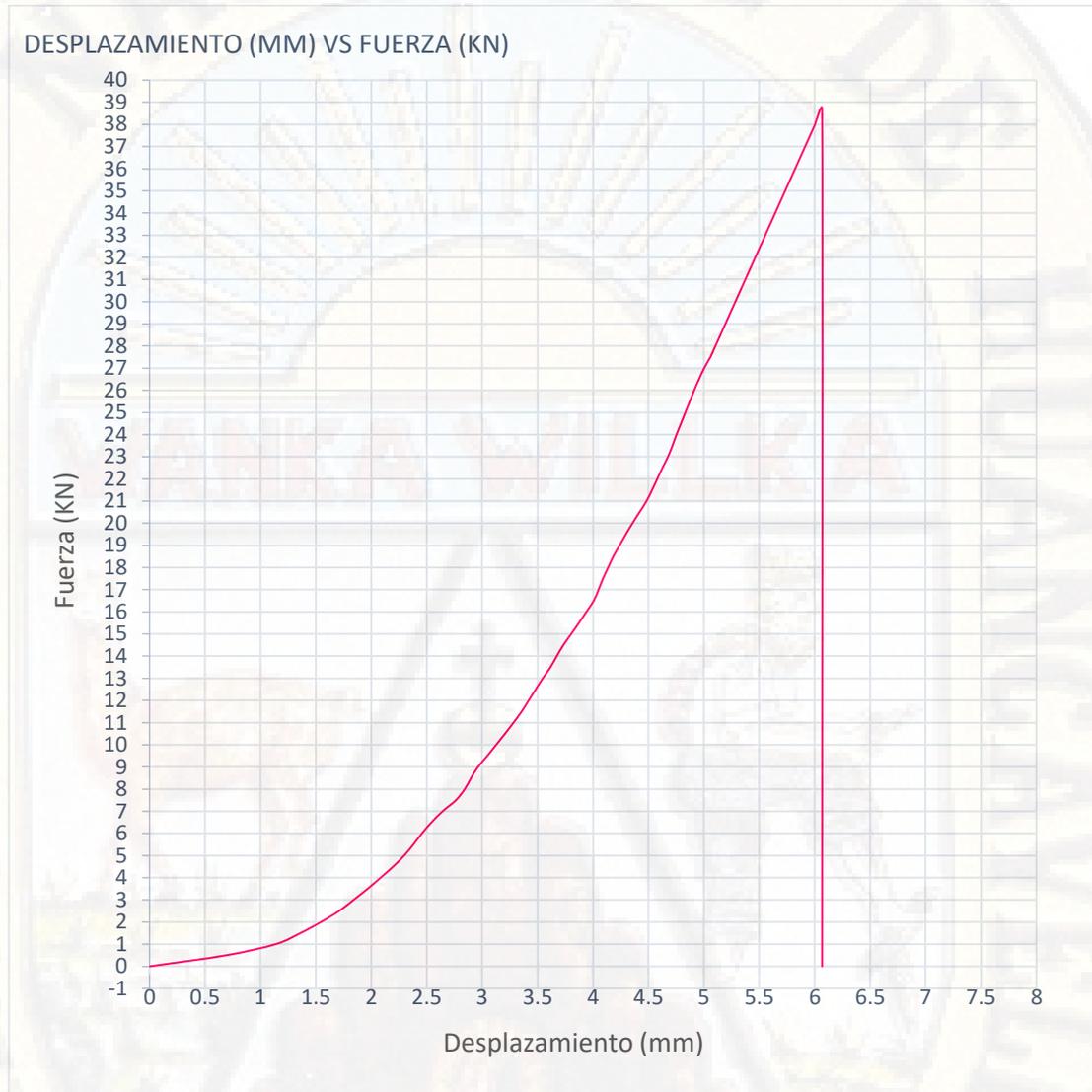


Gráfico 9: Desplazamiento vs fuerza de la viga 01

El gráfico 9 nos ilustra el comportamiento desplazamiento vs fuerza de la viga 01 elaborada con canto rodado, donde se puede observar que para una fuerza de 38.70 KN, se obtiene un desplazamiento de 6.07mm.

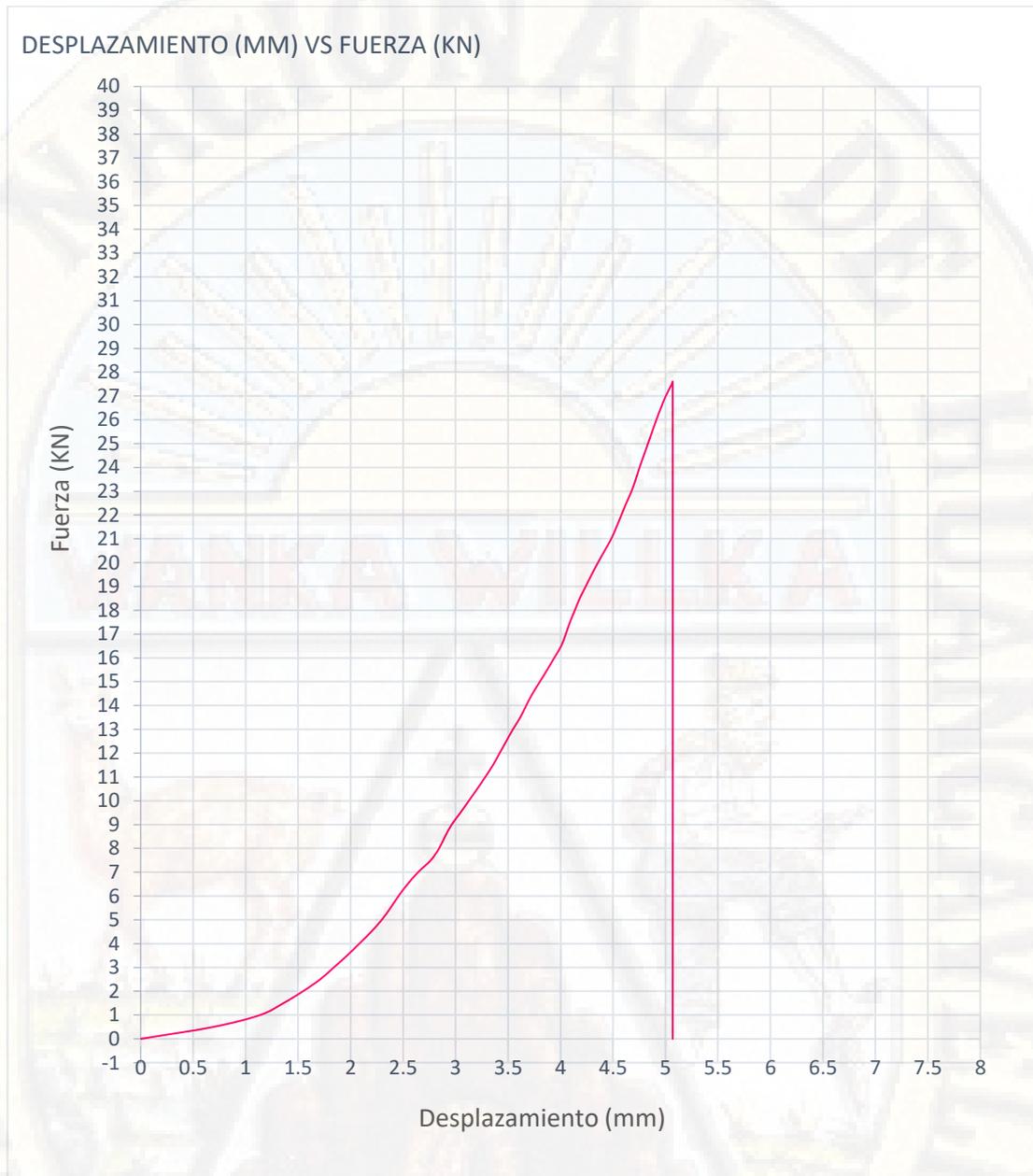


Gráfico 10: Desplazamiento vs fuerza de la viga 02

El gráfico 10 nos ilustra el comportamiento desplazamiento vs fuerza de la viga 02 elaborada con canto rodado, donde se puede observar que para una fuerza de 27.60 KN, se obtiene un desplazamiento de 5.07mm.

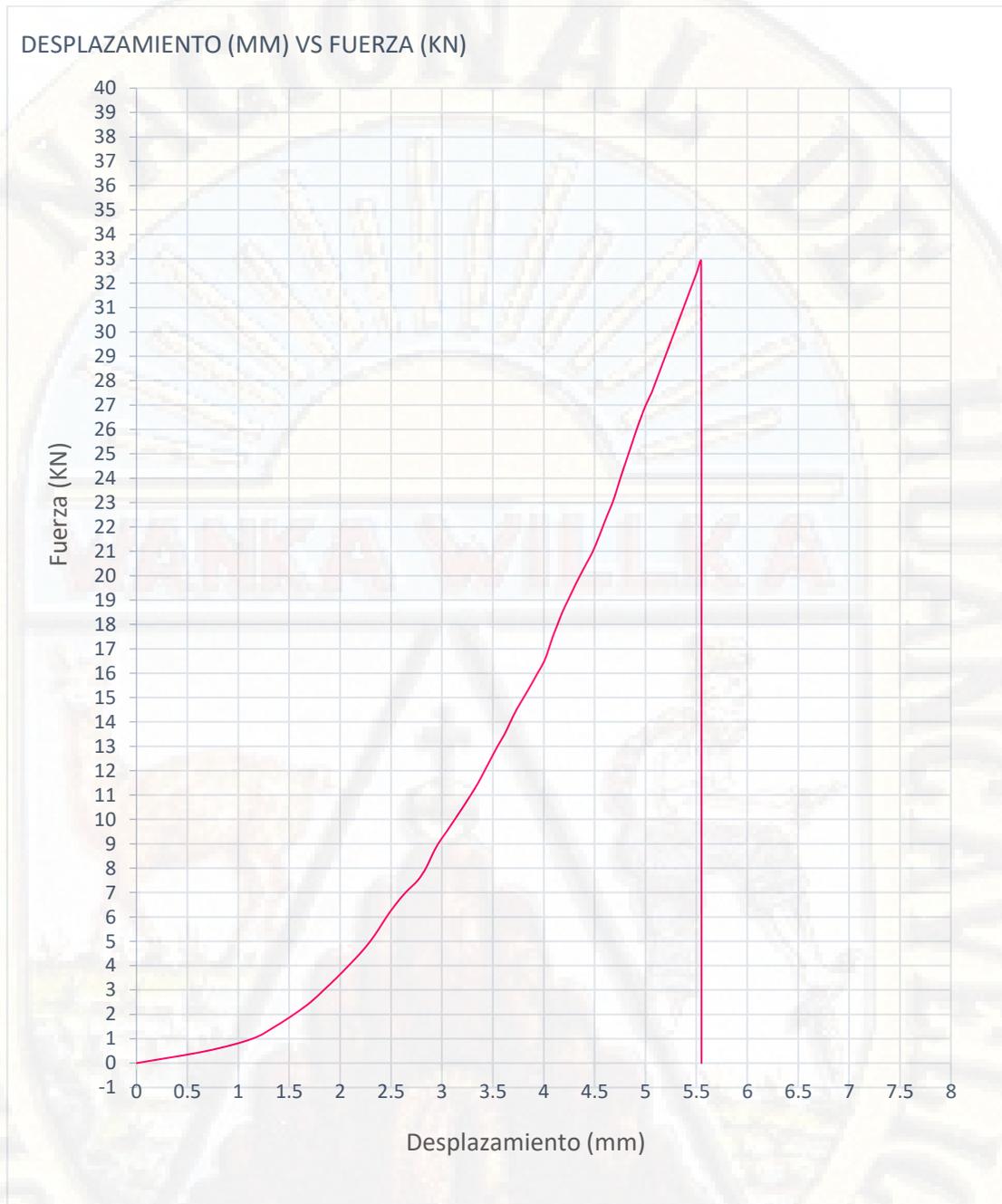


Gráfico 11: Desplazamiento vs fuerza de la viga 03

El gráfico 11 nos ilustra el comportamiento desplazamiento vs fuerza de la viga 03 elaborada con canto rodado, donde se puede observar que para una fuerza de 32.90 KN, se obtiene un desplazamiento de 5.55 mm.

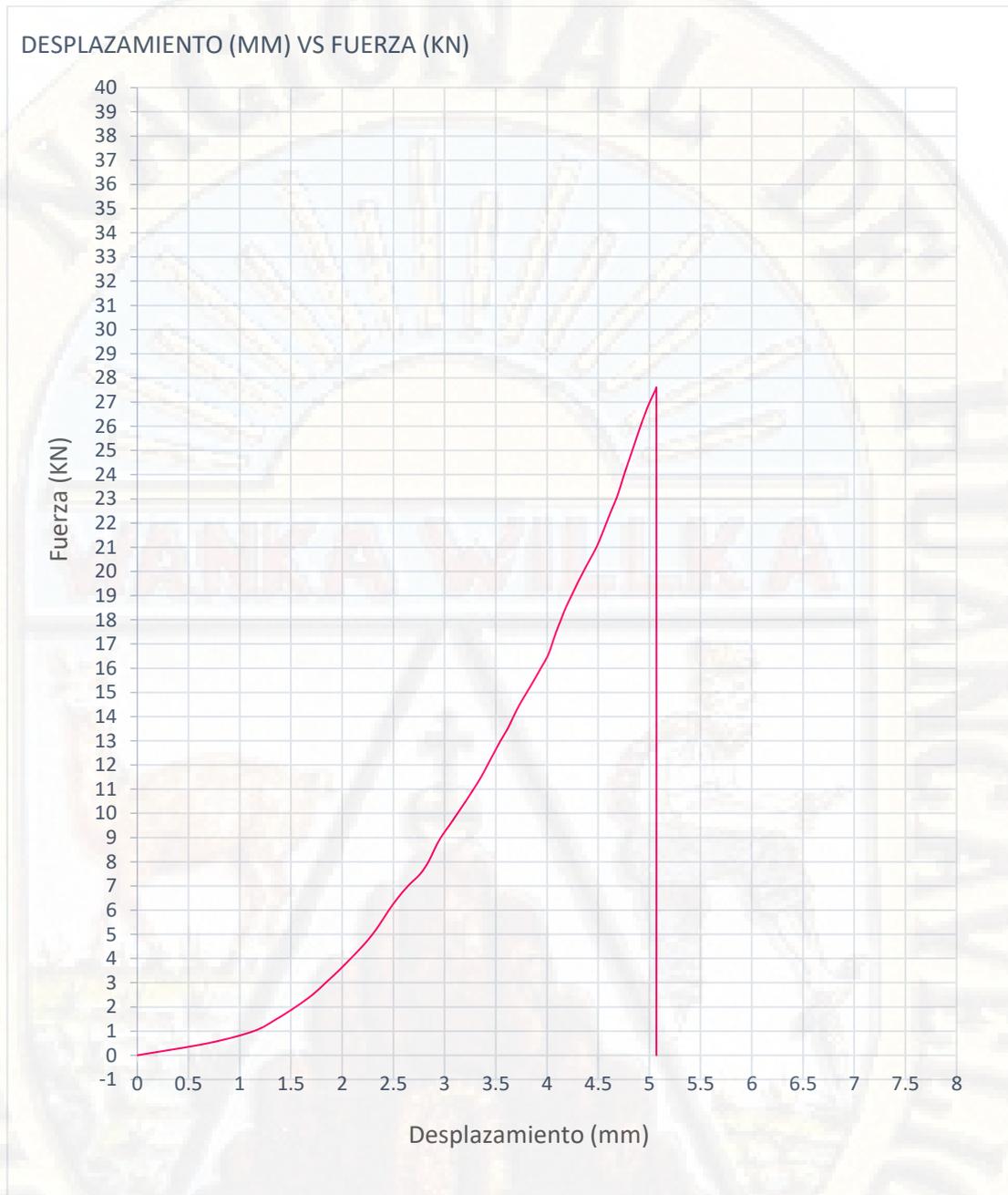


Gráfico 12: Desplazamiento vs fuerza de la viga 04

El gráfico 12 nos ilustra el comportamiento desplazamiento vs fuerza de la viga 04 elaborada con canto rodado, donde se puede observar que para una fuerza de 27.60 KN, se obtiene un desplazamiento de 5.07mm.

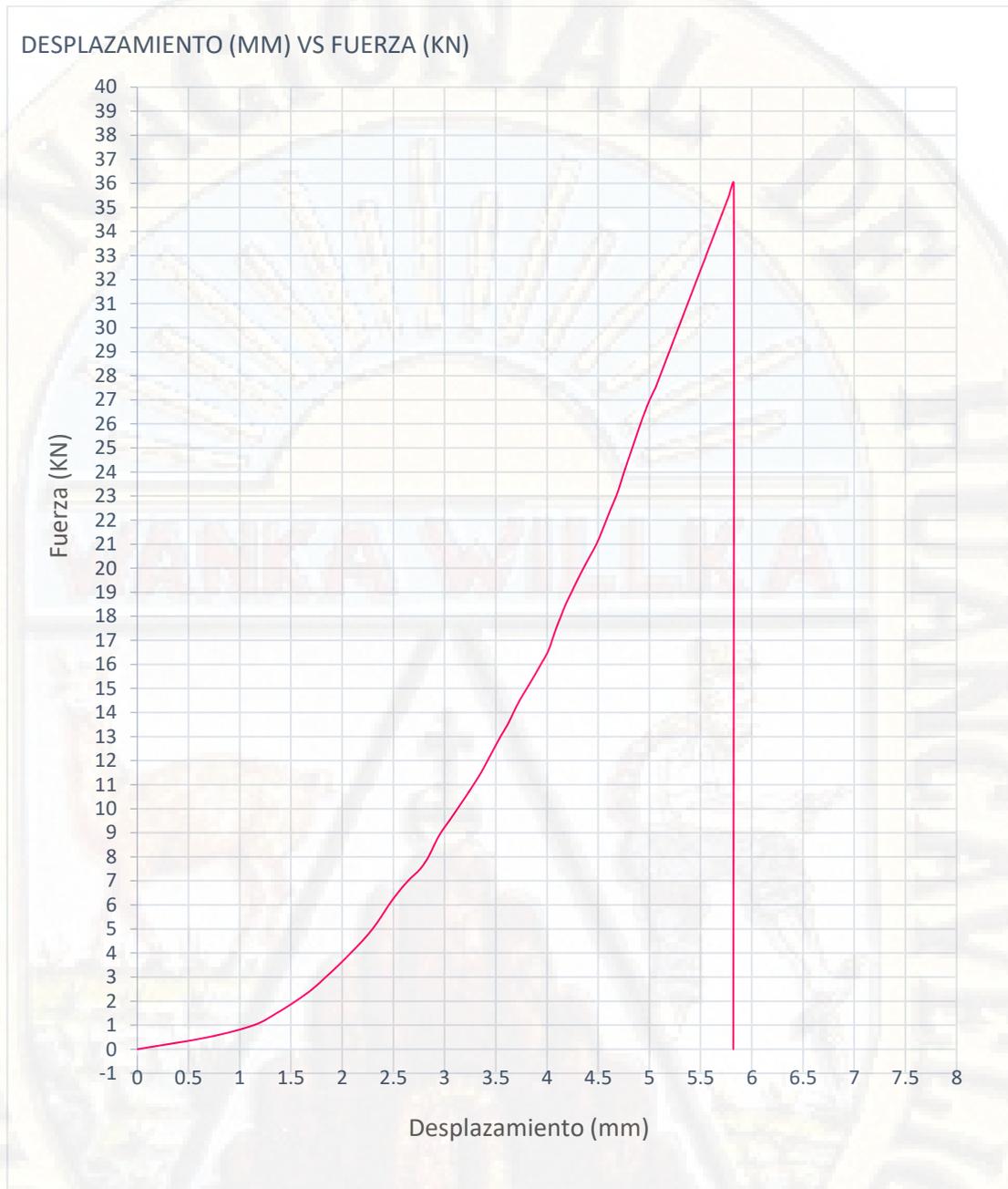


Gráfico 13: Desplazamiento vs fuerza de la viga 05

El gráfico 13 nos ilustra el comportamiento desplazamiento vs fuerza de la viga 05 elaborada con canto rodado, donde se puede observar que para una fuerza de 36.00 KN, se obtiene un desplazamiento de 5.82mm.

4.1.5.4.2.2. Resumen de gráficos

Tabla 42: Resumen de gráficos

Número de viga	Fuerza máxima (kn)	Desplazamiento máximo (mm)
Viga N° 01	38.70	6.07
Viga N° 02	27.60	5.07
Viga N° 03	32.90	5.55
Viga N° 04	27.60	5.07
Viga N° 05	36.00	5.82

Fuente: Elaborado por las testistas.

La tabla 42 nos presenta un resumen de los datos obtenidos de los gráficos 9, 10, 11, 12, 13, de fuerza máxima, y desplazamiento de las cinco vigas de concreto elaborados con canto rodado.

4.1.5.4.2.3. Cálculo del módulo de rotura

Tabla 43: Módulo de rotura del concreto elaborado con canto rodado

Número de viga	Tiempo de curado	Fuerza máxima (Kgf)	Longitud entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Peralte promedio (cm)	Módulo de rotura (Kgf/cm ²)
Viga N° 01	28 días	3946.30	74.90	25.00	25.20	27.82
				25.00	25.20	
				25.10	25.30	
				25.03	25.23	
Viga N° 02	28 días	2814.42	75.20	24.90	25.00	20.21
				25.00	25.10	
				24.90	25.20	
				24.93	25.10	
Viga N° 03	28 días	3354.87	75.00	25.00	25.10	23.74
				25.10	25.30	
				25.00	25.20	
				25.03	25.20	
Viga N° 04	28 días	2814.42	75.10	24.80	25.00	20.18
				24.80	25.20	
				25.00	25.20	
				24.87	25.13	
Viga N° 05	28 días	3670.98	75.20	24.90	25.20	26.29
				25.00	25.20	
				24.90	25.00	
				24.93	25.13	

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. Prueba de hipótesis para la resistencia a la flexión

4.2.1.1. Datos

Tabla 44: Módulo de rotura del concreto.

Resistencia a la flexión (Kgf/cm ²)			
Concreto con piedra chancada		Concreto con canto rodado	
Viga 01	28.92	Viga 02	20.21
Viga 03	29.13	Viga 03	23.74
Viga 05	29.95	Viga 04	20.18

Fuente: Elaborado por las tesis.

La tabla 44 nos muestra los resultados seleccionados del módulo de rotura para realizar el análisis estadístico, esta selección y descarte de datos se hizo en función a la variación de los resultados obtenidos, seleccionando para ambos casos solo tres vigas de las cinco ensayadas.

4.2.1.2. Hipótesis

Hipótesis de investigación:

H₁: La resistencia a flexión del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica -2018.

Hipótesis nula:

H₀: La resistencia a flexión del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada no es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica -2018.

4.2.1.3. Características estadísticas

Nivel de significancia:

Alfa (α) = 0,05 o 5%. Es la probabilidad de cometer un error.

Nivel de confianza:

$1 - \alpha = 0,95$ o 95%. Probabilidad de que la estimación de un parámetro en una muestra sea el valor real en la población.

Estadístico de prueba:

T de Student (muestras independientes)

4.2.1.4. Prueba T Student

Tabla 45: Estadísticos de grupo para la resistencia a la flexión.

Estadísticos de grupo				
	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
PC	29.3333	3	0.54427	0.31424
CR	21.3767	3	2.04676	1.18170

Fuente: Datos de base SPSS

La tabla 45 nos muestra los valores estadísticos de la resistencia a la flexión para cada una de las muestras estudiadas: PC y CR que son concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada y concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ elaborado con canto rodado respectivamente.

Tabla 46: Prueba de muestras independientes para la resistencia a la flexión.

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a la flexión	Se han asumido varianzas iguales	8.001	0.047	6.507	4	0.003	7.95667	1.22277	4.56173	11.35161
	No se han asumido varianzas iguales			6.507	2.281	0.016	7.95667	1.22277	3.27106	12.64227

Fuente: Datos de base SPSS

La tabla 46 nos muestra la prueba T para la resistencia a la flexión del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada y el concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado con canto rodado, la Prueba de Levene nos da un valor de 0.047 lo que nos indica que no se han asumido varianzas iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para la resistencia a la flexión de las dos muestras independientes es de 0.016.

Por lo tanto:

Cálculo de P-Valor

$$P\text{-valor (Resistencia a la flexión)} = 0.016 < \alpha = 0.05$$

Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

4.2.1.5. Interpretación

El grado de significancia para las muestras (PC – CR) es 0.016 que es un valor menor a α , entonces rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis de la investigación (H_1) que es: **“La resistencia a flexión del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018”.**

4.2.2. Prueba de hipótesis para la carga máxima

4.2.2.1. Datos

Tabla 47: Cargas máxima del concreto.

Cargas máximas (KN)			
Concreto con piedra chancada		Concreto con canto rodado	
Viga 01	39.60	Viga 02	27.60
Viga 03	40.00	Viga 03	32.90
Viga 05	41.40	Viga 04	27.60

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

La tabla 47 nos muestra los resultados seleccionados de las cargas máximas para realizar el análisis estadístico, esta selección y descarte de datos se hizo en función a la variación de los resultados obtenidos, seleccionando para ambos casos solo tres vigas de las cinco ensayadas.

4.2.2.2. Hipótesis

Hipótesis de investigación:

H_1 : La carga máxima del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sometido a flexión y elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica - 2018.

Hipótesis nula:

H_0 : La carga máxima del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sometido a flexión y elaborado con piedra chancada no es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica - 2018.

4.2.2.3. Características estadísticas

Nivel de significancia:

Alfa (α) = 0,05 o 5%. Es la probabilidad de cometer un error.

Nivel de confianza:

$1-\alpha = 0,95$ o 95%. Probabilidad de que la estimación de un parámetro en una muestra sea el valor real en la población.

Estadístico de prueba:

T de Student (muestras independientes)

4.2.2.4. Prueba T Student

Tabla 48: Estadísticos de muestras relacionadas para las cargas máximas.

Estadísticos de muestras relacionadas				
	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
PC	40,3333	3	,94516	0,54569
CR	29,3667	3	3,05996	1,76667

Fuente: Datos de base SPSS

La tabla 48 nos muestra los valores estadísticos para las cargas máximas de cada una de las muestras estudiadas: PC y CR que son concreto F'c = 210kg/cm² elaborado con piedra chancada y concreto F'c = 210kg/cm² elaborado con canto rodado respectivamente.

Tabla 49: Prueba de muestras relacionadas para las cargas máximas.

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene				Prueba T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
										Inferior	Superior
Carga máxima	Se han asumido varianzas iguales	6.903	0.058	5.931	4	0.004	10.96667	1.84902	5.83295	16.10038	
	No se han asumido varianzas iguales			5.931	2.378	0.018	10.96667	1.84902	4.10842	17.82491	

Fuente: Datos de base SPSS

La tabla 49 nos muestra la prueba T para las cargas máximas del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada y el concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado con canto rodado, la Prueba de Levene nos da un valor de 0.058 lo que nos indica que no se han asumido varianzas iguales, por lo tanto, el grado de la significancia para la resistencia a la flexión de las dos muestras independientes es de 0.018.

Por lo tanto:

$$P\text{-valor (Cargas máximas)} = 0.018 < \alpha = 0.05$$

Se acepta la hipótesis de la investigación (H_1)

4.2.2.5. Interpretación

El grado de significancia para las muestras (PC – CR) es 0.018 que es un valor menor a α , entonces rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis de la investigación (H_1) que es: **“La carga máxima del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sometido a flexión y elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica -2018”**.

4.2.3. Prueba de hipótesis para los desplazamientos

4.2.3.1. Datos

Tabla 50: Desplazamientos del concreto para determinadas fuerzas.

Fuerza (KN)	Desplazamiento (mm)		Fuerza (KN)	Desplazamiento (mm)	
	Concreto con piedra chancada	Concreto con canto rodado		Concreto con piedra chancada	Concreto con canto rodado
0.00	0.00	0.00	19.50	4.34	4.30
0.50	1.00	0.69	20.00	4.38	4.36
1.00	1.46	1.14	20.50	4.42	4.42
1.50	1.68	1.36	21.00	4.46	4.48
2.00	1.85	1.55	21.50	4.50	4.53
2.50	1.97	1.71	22.00	4.55	4.58
3.00	2.07	1.84	22.50	4.60	4.63
3.50	2.18	1.97	23.00	4.64	4.68

4.00	2.30	2.08	23.50	4.69	4.72
4.50	2.42	2.20	24.00	4.73	4.75
5.00	2.52	2.30	24.50	4.77	4.79
5.50	2.60	2.38	25.00	4.82	4.83
6.00	2.69	2.46	25.50	4.85	4.87
6.50	2.77	2.54	26.00	4.89	4.91
7.00	2.86	2.64	26.50	4.93	4.96
7.50	2.94	2.76	27.00	4.96	5.00
8.00	3.01	2.84	27.50	5.00	5.06
8.50	3.08	2.90	28.00	5.03	5.10
9.00	3.15	2.96	28.50	5.06	5.15
9.50	3.21	3.05	29.00	5.10	5.19
10.00	3.28	3.13	29.50	5.13	5.24
10.50	3.35	3.21	30.00	5.17	5.28
11.00	3.42	3.28	30.50	5.21	5.33
11.50	3.48	3.36	31.00	5.25	5.37
12.00	3.54	3.42	31.50	5.28	5.42
12.50	3.60	3.48	32.00	5.31	5.46
13.00	3.65	3.55	32.50	5.35	5.51
13.50	3.71	3.62	33.00	5.38	5.55
14.00	3.75	3.67	33.50	5.42	5.60
14.50	3.81	3.73	34.00	5.46	5.64
15.00	3.86	3.80	34.50	5.49	5.69
15.50	3.91	3.87	35.00	5.53	5.73
16.00	3.97	3.94	35.50	5.56	5.78
16.50	4.03	4.01	36.00	5.60	5.82
17.00	4.09	4.05	36.50	5.63	5.87
17.50	4.15	4.09	37.00	5.67	5.91
18.00	4.20	4.14	37.50	5.70	5.96
18.50	4.25	4.18	38.00	5.74	6.00
19.00	4.29	4.24	38.50	5.78	6.05

Fuente: Elaborado por las tesisistas.

Para el análisis de esta hipótesis se usaron los desplazamientos para fuerzas cada 0.50 KN, teniendo como fuerza máxima para el concreto con piedra chancada de 53.10 KN y para el concreto con canto rodado de 38.70 KN, debido a que se necesitan valores para ambos casos se optó por analizar los desplazamientos solo hasta una fuerza común de 38.50 KN, tal como se muestra en la tabla 50.

4.2.3.2.Hipótesis

Hipótesis de investigación:

H₁: Los desplazamientos del concreto F'c = 210 Kg/cm² sometido a flexión y elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.

Hipótesis nula:

H₀: Los desplazamientos del concreto F'c = 210 Kg/cm² sometido a flexión y elaborado con piedra chancada no es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.

4.2.3.3.Características estadísticas

Estadístico de prueba:

Nash Sutcliffe Efficiency (NSE)

Fórmula:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (OBS_i - SIM_i)^2}{\sum_{i=1}^n (OBS_i - \overline{OBS})^2}$$

Donde:

OBS_i es el valor de observación.

SIM_i es el valor de pronóstico.

\overline{OBS} es el promedio de los valores de observación.

Interpretación de resultados:

NSE = 1, corresponde a una coincidencia perfecta del modelo con los datos observados.

NSE = 0, indica que las predicciones del modelo son tan precisas como la media de los datos observados.

Inf < NSE < 0, indica que la media observada es un mejor predictor que el modelo.

4.2.3.4. Prueba Nash Sutcliffe Efficiency

Tabla 51: Desarrollo del modelo Nash Sutcliffe Efficiency

Fuerza (KN)	Desplazamientos (mm)		\overline{OBS}	$(OBS_i - SIM_i)^2$	$(OBS_i - \overline{OBS})^2$
	Concreto con piedra chancada (OBSi)	Concreto con canto rodado (SIMi)			
0.00	0.00	0.00	4.06	0.00	16.46
0.50	1.00	0.69	4.06	0.10	9.32
1.00	1.46	1.14	4.06	0.10	6.74
1.50	1.68	1.36	4.06	0.10	5.67
2.00	1.85	1.55	4.06	0.09	4.87
2.50	1.97	1.71	4.06	0.07	4.34
3.00	2.07	1.84	4.06	0.05	3.96
3.50	2.18	1.97	4.06	0.04	3.53
4.00	2.30	2.08	4.06	0.05	3.09
4.50	2.42	2.20	4.06	0.05	2.67
5.00	2.52	2.30	4.06	0.05	2.37
5.50	2.60	2.38	4.06	0.05	2.12
6.00	2.69	2.46	4.06	0.05	1.88
6.50	2.77	2.54	4.06	0.05	1.65
7.00	2.86	2.64	4.06	0.05	1.44
7.50	2.94	2.76	4.06	0.03	1.25
8.00	3.01	2.84	4.06	0.03	1.10
8.50	3.08	2.90	4.06	0.03	0.95
9.00	3.15	2.96	4.06	0.03	0.83
9.50	3.21	3.05	4.06	0.03	0.72
10.00	3.28	3.13	4.06	0.02	0.60
10.50	3.35	3.21	4.06	0.02	0.50
11.00	3.42	3.28	4.06	0.02	0.41
11.50	3.48	3.36	4.06	0.01	0.34
12.00	3.54	3.42	4.06	0.01	0.27
12.50	3.60	3.48	4.06	0.01	0.21
13.00	3.65	3.55	4.06	0.01	0.16
13.50	3.71	3.62	4.06	0.01	0.12
14.00	3.75	3.67	4.06	0.01	0.09
14.50	3.81	3.73	4.06	0.01	0.06
15.00	3.86	3.80	4.06	0.00	0.04
15.50	3.91	3.87	4.06	0.00	0.02
16.00	3.97	3.94	4.06	0.00	0.01
16.50	4.03	4.01	4.06	0.00	0.00
17.00	4.09	4.05	4.06	0.00	0.00
17.50	4.15	4.09	4.06	0.00	0.01
18.00	4.20	4.14	4.06	0.00	0.02
18.50	4.25	4.18	4.06	0.00	0.04
19.00	4.29	4.24	4.06	0.00	0.06
19.50	4.34	4.30	4.06	0.00	0.08
20.00	4.38	4.36	4.06	0.00	0.10
20.50	4.42	4.42	4.06	0.00	0.13

21.00	4.46	4.48	4.06	0.00	0.16	
21.50	4.50	4.53	4.06	0.00	0.20	
22.00	4.55	4.58	4.06	0.00	0.24	
22.50	4.60	4.63	4.06	0.00	0.29	
23.00	4.64	4.68	4.06	0.00	0.34	
23.50	4.69	4.72	4.06	0.00	0.40	
24.00	4.73	4.75	4.06	0.00	0.46	
24.50	4.77	4.79	4.06	0.00	0.51	
25.00	4.82	4.83	4.06	0.00	0.58	
25.50	4.85	4.87	4.06	0.00	0.63	
26.00	4.89	4.91	4.06	0.00	0.69	
26.50	4.93	4.96	4.06	0.00	0.76	
27.00	4.96	5.00	4.06	0.00	0.82	
27.50	5.00	5.06	4.06	0.00	0.88	
28.00	5.03	5.10	4.06	0.01	0.94	
28.50	5.06	5.15	4.06	0.01	1.01	
29.00	5.10	5.19	4.06	0.01	1.08	
29.50	5.13	5.24	4.06	0.01	1.16	
30.00	5.17	5.28	4.06	0.01	1.24	
30.50	5.21	5.33	4.06	0.01	1.33	
31.00	5.25	5.37	4.06	0.02	1.42	
31.50	5.28	5.42	4.06	0.02	1.50	
32.00	5.31	5.46	4.06	0.02	1.58	
32.50	5.35	5.51	4.06	0.03	1.67	
33.00	5.38	5.55	4.06	0.03	1.76	
33.50	5.42	5.60	4.06	0.03	1.87	
34.00	5.46	5.64	4.06	0.04	1.96	
34.50	5.49	5.69	4.06	0.04	2.05	
35.00	5.53	5.73	4.06	0.04	2.16	
35.50	5.56	5.78	4.06	0.05	2.26	
36.00	5.60	5.82	4.06	0.05	2.37	
36.50	5.63	5.87	4.06	0.06	2.49	
37.00	5.67	5.91	4.06	0.06	2.60	
37.50	5.70	5.96	4.06	0.07	2.71	
38.00	5.74	6.00	4.06	0.07	2.83	
38.50	5.78	6.05	4.06	0.07	2.96	
				$\sum_{i=1}^n$	1.98	126.15

Fuente: Elaborado por las tesis.

La tabla 51 nos muestra la obtención de datos necesarios para calcular en valor de NSE mediante:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (OBS_i - SIM_i)^2}{\sum_{i=1}^n (OBS_i - \overline{OBS})^2}$$

$$NSE = 1 - \frac{1.98}{126.15}$$

$NSE = 0.984$ \Rightarrow Valor estadístico que representa *muy significativo*, por lo tanto, podemos concluir que no existe diferencia entre los desplazamientos del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada respecto a un concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ elaborado con canto rodado sometido a ensayos de flexión.

Gráfico:

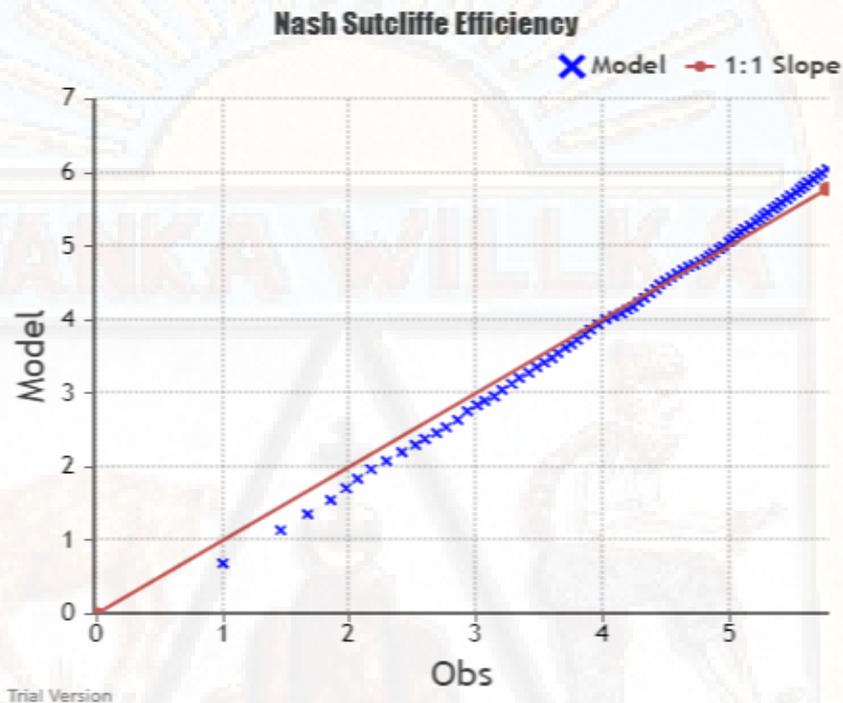


Gráfico 14: Performance del estadístico Nash Sutcliffe Efficiency

El gráfico 14 nos muestra una serie de datos óptimos ya que las varianzas residuales son muy pequeñas, en efecto NSE nos da un valor muy aproximado a la unidad.

4.2.3.5. Interpretación

El grado de significancia para los desplazamientos del concreto elaborado con piedra chancada y el otro con canto rodado es 0.984 que es un valor muy cercano a 1, entonces rechazamos la hipótesis de la investigación (H_1) y aceptamos la hipótesis nula (H_0) que es: **“Los desplazamientos del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada no es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica -2018”.**

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación tuvo como propósito analizar de manera comparativa la resistencia a flexión del concreto utilizando una mezcla con agregado (piedra chancada) y otra mezcla diseñada con agregado (canto rodado).

A partir de los resultados obtenidos, se pudo verificar que el grado de significancia para la comparación de la resistencia a la flexión de un concreto elaborado con piedra chancada en relación a otro elaborado con canto rodado es de 0.016; en tal sentido, aceptamos la hipótesis alternativa general, la cual establece que la resistencia a flexión del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado.

De igual modo se contrasta la investigación de Villanueva (2018), quien en su investigación concluye que la resistencia a flexión elaborada con piedra chancada cumple con la propiedad de resistencia a flexión en comparación del concreto elaborado con canto rodado, ambos diseñados con el método ACI.

Sin embargo, Villanueva (2018), señala que existe una diferencia entre el diseño de la piedra chancada y el canto rodado elaborado con el método ACI, a comparación del diseño elaborado con el método Walker, donde determinó que aplicando el Método Walker, el resultado final es que el material más óptimo a la resistencia a flexión es el agregado de canto rodado, obteniendo con ello una mejor resistencia a flexión, en tal sentido, proponemos a futuros investigadores puedan realizar una tesis que analice la diferencia de la utilización de la piedra chancada y el canto rodado, aplicado netamente a la resistencia a la flexión utilizando ambos métodos (ACI - Walker), en la ciudad de Huancavelica.

En nuestro estudio se pudo verificar que para la carga máxima de un concreto elaborado con piedra chancada frente a un concreto con canto rodado, obtenemos un grado de significancia de 0.018, ello nos indica que para un concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, elaborado con piedra chancada la carga máxima es significativamente

diferente a un concreto que ha sido elaborado con canto rodado.

De igual manera, se realizó la comparación del desplazamiento de un concreto elaborado con piedra chancada y otro con canto rodado, para ello el grado de significancia obtenido es de 0.984, lo cual nos indica que un concreto elaborado con piedra chancada a una resistencia de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, no es significativamente diferente a un concreto hecho con cantos rodados como agregado grueso.

CONCLUSIONES

Teniendo como nivel de significancia el 5% y el nivel de confianza del 95% para cada uno de las hipótesis planteadas, se concluye lo siguiente:

- Después de realizar la comparación de la resistencia a la flexión del concreto $F_c=210\text{kg/cm}^2$, utilizando piedra chancada y canto rodado como agregado grueso, podemos concluir que la resistencia a la flexión del concreto utilizando piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado. Cabe mencionar que la media para la resistencia a la flexión elaborado con un concreto con piedra chancada es de 29.33 Kg/cm^2 , mientras que para el concreto elaborado con canto rodado es de 21.38 Kg/cm^2 .
- De la misma forma se obtuvo que la carga máxima del concreto $F_c = 210\text{ Kg/cm}^2$, sometido a flexión y elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, teniendo como media de las cargas máximas el 40.33 KN para el concreto elaborado con piedra chancada y 29.37 KN para el concreto elaborado con canto rodado.
- A diferencia de los resultados anteriores, los desplazamientos del concreto $F_c = 210\text{ Kg/cm}^2$, elaborado con piedra chancada no es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, ya que presenta un grado de significancia de 0.984.

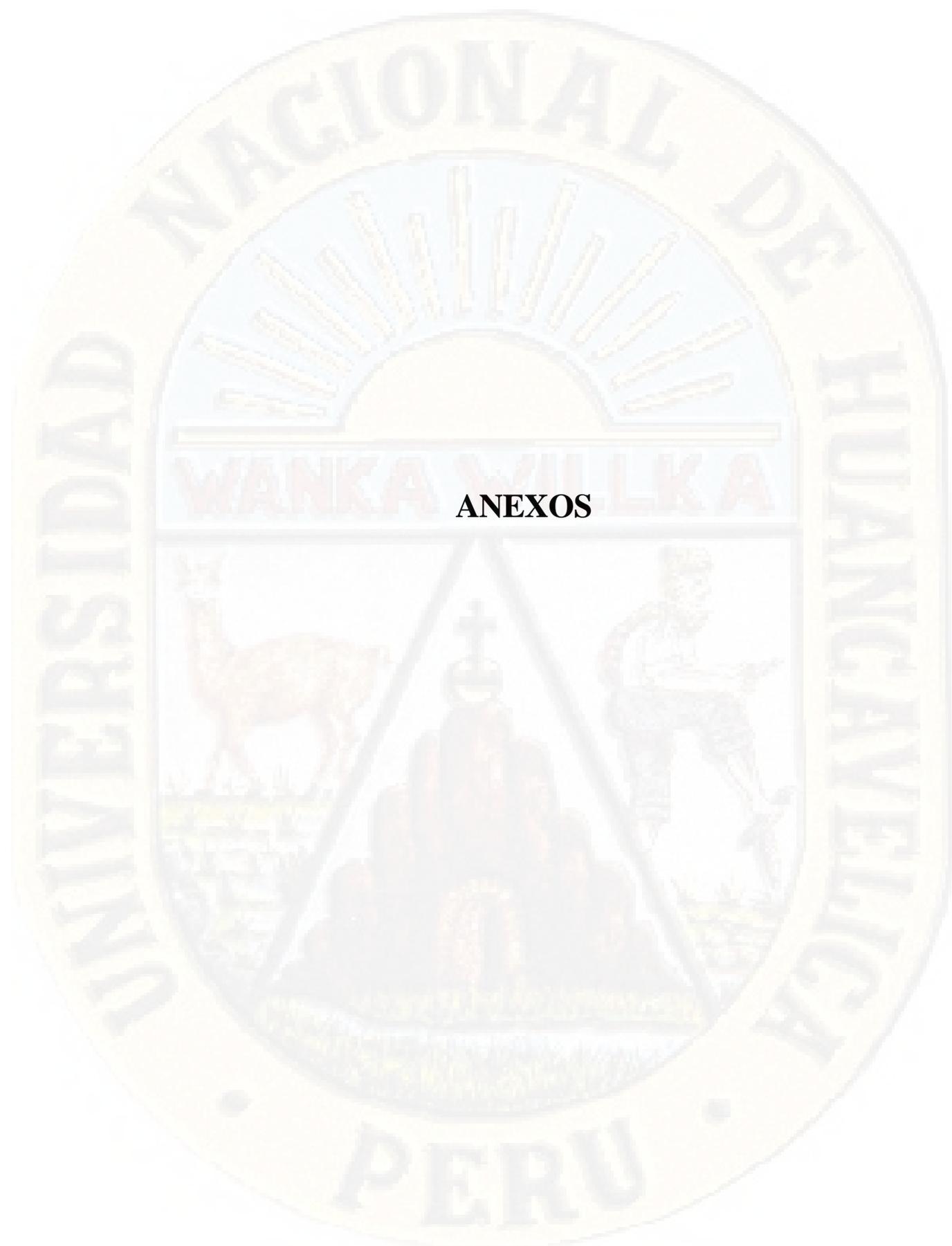
RECOMENDACIONES

- La finalidad de este proyecto de investigación fue comparar el concreto elaborado con piedra chancada y el concreto elaborado con canto rodado, tras haber culminado todos los estudios necesarios, recomendamos a la toda la población estudiantil y especialmente a los ciudadanos Huancavelicanos hacer uso del concreto teniendo como agregado grueso a la piedra chancada en sus construcciones, ya que presentan mejores condiciones estructurales que el canto rodado.
- Realizar investigaciones del comportamiento del concreto elaborado con piedra chancada y canto rodado sometidos a movimientos sísmicos.
- Realizar más investigaciones respecto a la utilización del canto rodado en mezclas de concreto, utilizando diferentes tipos de métodos de diseño de mezcla como son el método Fuller, Walker, método de módulo de fineza, y comparar los resultados.
- Recomendamos y ponemos a disposición de futuras investigaciones los resultados obtenidos en este proyecto de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009) *Tecnología del concreto*. (2da ed.) Perú: Ed. San Marcos.
- Borberg y Campdera. (2006). *Estudio del factor de disminución de resistencia, debido al uso de canto rodado de la cantera puenteareas, como agregado grueso en la mezcla de concreto*. Universidad católica Andres Bello, Venezuela.
- Calderón, E. (2015). *Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del rio Chanchan a través de los métodos ACI y O`REILLY*. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Contreras, W. (2014). *Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén – Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Gutiérrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia: Ed. Centro de publicaciones universidad nacional de Colombia.
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.) México: Ed. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación* (1ra ed.) Colombia: Ed. EDICIONES DE LA U
- Norma Técnica Peruana [NTP].400.021 (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Perú.
- Norma Técnica Peruana [NTP].400.022 (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. Perú.
- Norma Técnica Peruana [NTP].400.019 (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles*. Perú.
- Norma Técnica Peruana [NTP].339.035 (2009). *(Concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland*. Perú.

- Norma Técnica Peruana [NTP].339.034 (2008). (*Concreto*). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Perú.
- Norma Técnica Peruana [NTP].339.079 (2012). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo*. Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Instituto [RNE]. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Perú: El Peruano.
- Rivera, G. (2009). *Concreto simple*. Colombia: Ed. Centro de publicaciones de la Universidad del Cauca.
- Román y Pillpinto (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c$ 210 kg/cm², elaborado con agregado hormigón y agregado clasificado, en el distrito de Maranura- la Convención – Cusco*. Universidad Andina del Cusco, Peru.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Colombia: Ed. Bhandar editores Ltda.
- Villanueva, R. (2018). *Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de un Concreto $F'c= 280$ Kg/Cm² Elaborado con Agregados Grueso Piedra Chancada y Canto Rodado – Chimbote 2018*. Universidad Cesar Vallejo, Perú.



ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1: Rotura de probetas



Fotografía 2: Encofrados para las vigas.



Fotografía 3: Vaciado de vigas de concreto.



Fotografía 4: Curado de las diez vigas



Fotografía 5: Traslado de las vigas



Fotografía 6: Ensayo de flexión de vigas.



Fotografía 7: Viga 01 elaborado con canto rodado



Fotografía 8: Rotura de viga 01 elaborado con canto rodado



Fotografía 9: Viga 05 elaborado con piedra chancada



Fotografía 10: Rotura de viga 05 elaborado con piedra chancada



CONSTANCIA DE LABORATORIO



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

EL JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAMELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: **CONDOR VARGAS Sheyla Neftali** y **PARIONA UCHUYPOMA Karen Rosario**, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo los siguientes ensayos en el laboratorio de tecnología del concreto y laboratorio de estructuras y antisísmica de la EPICH:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Análisis de peso específico y absorción de agregado grueso	02
2	Análisis de peso específico y absorción de agregado fino	01
3	Análisis de peso unitario de agregado grueso	02
4	Análisis de peso unitario de agregado fino	01
5	Análisis granulométrico por tamizado (fino y grueso)	02
6	Análisis de Contenido de humedad de agregado fino	01
7	Análisis de Contenido de humedad de agregado grueso	02
8	Análisis de ensayo de abrasión (maquina los ángeles)	02
9	Curado de testigos de concreto	10
10	Análisis de ensayo de asentamiento slump	02
11	Análisis de compresión digital de testigos de concreto	10
12	Análisis de resistencia a la flexión de concreto elaborado con piedra chancada	05
13	Análisis de la resistencia a la flexión de concreto elaborado con canto rodado	05

Durante el periodo de ejecución del 15 de marzo al 31 de mayo del año 2019, del proyecto de tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO $F'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$, ELABORADO CON PIEDRA CHANCADA Y CANTO RODADO EN LA CIUDAD DE HUANCAMELICA -2018".

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para fines que estime por conveniente.
Huancavelica, 27 de junio de 2019.

Nº 004-2019

C. C.
Archivo
AP



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - EPICH
ÁREA DE PRODUCCIÓN

Ing. Carlos Gaspar Paco
JEFE



MATRIZ DE CONSISTENCIA

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM², ELABORADO CON PIEDRA CHANCADA Y CANTO RODADO EN LA CIUDAD DE HUANCATELICA - 2018”

Definición del problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el análisis comparativo de la resistencia a flexión del concreto F’c = 210 kg/cm² elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es el análisis comparativo de las cargas máximas del concreto F’c = 210 kg/cm² sometido a flexión, elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Analizar de manera comparativa la resistencia a flexión del concreto F’c = 210 kg/cm² elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Analizar de manera comparativa las cargas máximas del concreto F’c = 210 kg/cm² sometido a flexión, elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de</p>	<p>Antecedentes</p> <p>A. Internacional</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Universidad de Guayaquil –Ecuador - (2015): Calderón, “Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos ACI y O’Reilly” ➤ Universidad Católica Andres Vello – Venezuela - (2006): Borberg y Campdera, “Estudio del factor de disminución de resistencia, debido al uso de canto rodado de la cantera puentearas, como agregado grueso en la mezcla de concreto” ➤ Universidad San Carlos de Guatemala – Guatemala - (2008): Rosales, “Análisis del comportamiento de una viga de concreto armado, ensayada a flexión, reforzadas con fibra de carbono” <p>B. Nacional</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Universidad Andina del Cusco – Perú - (2016): Román y Pillpinto, “Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto F’c=210Kg/cm², elaborado con agregado hormigón y agregado clasificado, en el distrito de Maranura – La Convención – Cusco” 	<p>Hipótesis general:</p> <p>La resistencia a flexión del concreto F’c = 210 Kg/cm² elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica -2018</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>La carga máxima del concreto F’c = 210 Kg/cm² sometido a flexión y elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica -2018.</p>	<p>Identificación de Variables:</p> <p>a. Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Piedra chancada ➤ Canto rodado. <p>Dimensiones:</p> <p>1. Propiedades Físico-mecánicas</p> <p>b. Variable Dependiente:</p> <p>Resistencia a la flexión del concreto F’c=210 Kg/cm²</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Método de Investigación: Descriptivo, Experimental.</p> <p>Población: Vigas de concreto de diferentes resistencias elaboradas con diferentes agregados gruesos.</p> <p>Muestra: 5 vigas de concreto F’c=210kg/cm² elaboradas con canto rodado y 5 vigas de concreto F’c=210kg/cm²</p>

<p>rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018?</p> <p>¿Cuál es el análisis comparativo de los desplazamientos máximos del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sometido a flexión, elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018?</p>	<p>Huancavelica – 2018.</p> <p>Analizar de manera comparativa los desplazamientos máximos del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sometido a flexión, elaborado con piedra chancada respecto a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Universidad Nacional de Cajamarca – Perú - (2014): Contreras, “Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén - Cajamarca” ➤ Universidad Cesar Vallejo – Perú - (2018): Villanueva, “Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de un Concreto $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ Elaborado con Agregados Grueso Piedra Chancada y Canto Rodado – Chimbote 2018” 	<p>El desplazamiento máximo del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sometido a flexión y elaborado con piedra chancada es significativamente diferente a un concreto elaborado con canto rodado, en la ciudad de Huancavelica – 2018.</p>	<p>Dimensiones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cargas máximas. 2. Desplazamientos máximos 	<p>elaboradas con piedra chancada.</p> <p>Técnicas e Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación • Ensayos en laboratorio de mecánica de suelos. <p>Técnicas de Procesamiento de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se utilizará (Windows 10) esencialmente Microsoft Excel 2015 para el procesamiento de datos. • SPSS Statistics 19.
		<p>Marco teórico referencial</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Piedra Chancada ➤ Canto rodado ➤ Análisis granulométrico ➤ Contenido de humedad ➤ Peso específico y absorción ➤ Abrasión de los Ángeles ➤ Impurezas orgánicas ➤ Diseño de mezcla ➤ Rotura de probetas. ➤ Control de calidad del concreto ➤ Elemento Estructural. ➤ Resistencia del concreto. ➤ Resistencia a compresión. ➤ Resistencia a flexión. 			

Autores: Las Tesis