

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Análisis de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac

Presentado por:

Kevin Ccahuana Condori
Adrián Chumpisuca Ferro

Para Optar el Título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú
2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICAS DEL
CONCRETO $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO EN LA
PROPORCIÓN 2 %, 4 % Y 6 % EN LA CIUDAD DE ABANCAY,
APURÍMAC**

Presentado por **Kevin Ccahuana Condori** y **Adrián Chumpisuca Ferro**, Para optar el

Título de:

INGENIERO CIVIL

Sustentado y aprobado el 08 de 11 del 2023, ante el jurado evaluador:

Presidente:



Ph.D. Lucy Marisol Guanuchi Orellana

Primer miembro:



Mtro. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Segundo miembro:



Mag. Crisologo Conza Ancaypuro

Asesor:



Mag. Adolfo Severino Serrano Berrio

“Análisis de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac”

Línea de investigación: Ingeniería de materiales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



Dedicatoria

Este trabajo de investigación es dedicado en primer lugar a nuestros padres por habernos guiado en esta etapa de formación profesional y seguidamente a los docentes quienes han sembrado el conocimiento y la sabiduría en nuestra etapa de aprendizaje, también es dedicado a los compañeros y amigos quienes también han estado en los momentos más difíciles de este arduo trabajo con quienes compartimos nuestros logros.

*Kevin Ccahuana Condori
Adrián Chumpisuca Ferro*



Agradecimiento

Agradecemos a Dios por iluminar los senderos de las aulas universitarias donde tuvimos la gran dicha de formarnos intelectualmente para contribuir al desarrollo de nuestra querida patria, de igual manera agradecemos a aquellos ilustres guías que siempre estaban junto con nosotros en esas batallas de la adquisición de la sabiduría llamados amautas.

De manera especial agradecemos aquellas personas que siempre fueron un ejemplo vivo dentro de nuestra vida, como nuestros padres y madres que ellos fueron el motivo para seguir adelante.

*Kevin Ccahuana Condori
Adrián Chumpisuca Ferro*



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema.....	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.2.3 Justificación de la investigación	5
CAPÍTULO II.....	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.1.1 Objetivo general.....	7
2.1.2 Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la investigación.....	7
2.2.1 Hipótesis general	7
2.2.2 Hipótesis específicas.....	8
2.3 Operacionalización de variables.....	8
CAPÍTULO III.....	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1 Antecedentes	9
3.1.1 Antecedentes internacionales.....	9
3.1.2 Antecedentes nacionales	10
3.1.3 Antecedente local.....	12
3.2 Marco teórico	13
3.2.1 Cemento Portland	13
3.2.1.1 Materia prima del cemento Portland.....	13
3.2.1.2 Composición químicos.....	14
3.2.1.3 Tipos de cemento Portland.....	14
3.2.2 Agregados	15
3.2.3 Agua.....	15
3.2.4 Aire	16



3.2.5	Concreto.....	16
3.2.5.1	Tipos de concreto.....	16
3.2.5.2	Propiedades del concreto.....	17
3.2.5.3	Propiedades mecánicas del concreto.....	18
3.2.6	Fibra.....	19
3.2.6.1	Clasificación de las fibras.....	20
3.2.6.2	Fibras más utilizadas en el concreto.....	20
3.2.6.3	Propiedades mecánicas de las fibras.....	21
3.2.7	Fibra de acero.....	22
3.2.7.1	Clasificación de las fibras según su geometría.....	22
3.2.7.2	Aplicación.....	23
3.3	Marco conceptual.....	24
3.3.1	Acero.....	24
3.3.2	Concreto.....	24
3.3.3	Fibras.....	24
3.3.4	Fibras de acero.....	24
3.3.5	Físicas.....	25
3.3.6	Influencia.....	25
3.3.7	Mecánicas.....	25
3.3.8	Propiedades.....	25
3.3.9	Propiedades físicas.....	25
3.3.10	Propiedades mecánicas.....	25
CAPÍTULO IV.....		26
METODOLOGÍA.....		26
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	26
4.2	Diseño de la investigación.....	27
4.3	Descripción ética de la investigación.....	27
4.4	Población y muestra.....	27
4.5	Procedimientos.....	28
4.5.1	Ubicación de la cantera de agregados.....	29
4.5.2	Extracción de la muestra de los agregados de la cantera.....	30
4.5.3	Abrasión los Ángeles.....	30
4.5.4	Caracterización de agregados para el diseño de concreto.....	31
4.5.4.1	Contenido de humedad.....	31
4.5.4.2	Estudio granulométrico.....	32
4.5.4.3	Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.....	35



4.5.4.4	Determinación del peso específico y absorción del agregado fino	37
4.5.4.5	Peso unitario y vacíos de los agregados	38
4.5.5	Fibra de acero	39
4.5.6	Diseño de mezcla del concreto	40
4.5.7	Práctica normalizada en la elaboración de muestra de concreto fresco	43
4.5.7.1	Asentamiento.....	43
4.5.7.2	Temperatura	45
4.5.7.3	Aire atrapado.....	46
4.5.8	Práctica normalizada de los especímenes de concreto endurecido	47
4.5.8.1	Resistencia a la compresión	47
4.5.8.2	Resistencia a la flexión.....	49
4.6	Técnicas e instrumentos	51
4.7	Análisis estadístico	51
CAPÍTULO V.....		52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		52
5.1	Análisis de resultados	52
5.1.1	Resultados de la caracterización de los agregados	52
5.1.1.1	Resultados de humedad natural de los agregados	52
5.1.1.2	Resultados del estudio granulométrico	53
5.1.1.3	Resultados del peso unitario y vacíos de los agregados	55
5.1.1.4	Resultado del peso específico y absorción del agregado fino	56
5.1.1.5	Resultado del peso específico y absorción del agregado grueso.....	56
5.1.1.6	Resultados del ensayo de abrasión de los ángeles del agregado grueso.....	57
5.1.2	Resultados del procedimiento del diseño de mezcla método ACI 211.1	57
5.1.3	Elaboración de la mezcla	61
5.1.4	Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco	62
5.1.4.1	Temperatura	62
5.1.4.2	Asentamiento.....	63
5.1.4.3	Ensayo de aire atrapado en concreto fresco	64
5.1.5	Resultados de los ensayos del concreto en estado endurecido.....	65
5.1.5.1	Resistencia a la compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 0 %, 2 %, 4 % y 6% de fibra de acero según NTP 339.034	65
5.1.5.2	Resistencia a la flexión en la edad de 14 y 28 días con 0 %, 2 %, 4 % y 6% de fibra de acero según NTP 339.078.....	71
5.2	Contrastación de hipótesis.....	74
5.3	Discusión.....	78
CAPÍTULO VI.....		79



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
6.1 Conclusiones	79
6.2 Recomendaciones	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	83



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables.....	8
Tabla 2 — Relación de la consistencia y asentamiento.....	17
Tabla 3 — Fibras más utilizadas en los concretos.....	20
Tabla 4 — Cantidad de muestra para determinar la consistencia de concreto con/sin fibra de acero	28
Tabla 5 — Cantidad de muestras para determinar la resistencia a compresión y flexión de concreto con/sin fibra de acero.....	28
Tabla 6 — Medidas de las muestras para obtener datos más confiables.....	30
Tabla 7 — Cantidades mínimas recomendadas de partículas para un ensayo de contenido de humedad según NTP 339.185.....	32
Tabla 8 — Límites de la clasificación del agregado fino	33
Tabla 9 — Parámetros para la clasificación del agregado grueso	34
Tabla 10 — Cantidad mínima de la muestra para un ensayo de agregado grueso	34
Tabla 11 — Peso mínimo de la muestra de ensayo	36
Tabla 12 — Características principales de las fibras de acero trefilado en frío Wirand FF3	40
Tabla 13 — Resistencia requerida (F'_{cr}) del concreto cuando no hay datos disponibles de la desviación estándar "S" según el método ACI – 211.1.....	41
Tabla 14 — Parámetros básicos para determinar la consistencia del concreto fresco	41
Tabla 15 — Determinación de agua, en ltrs/m ³ , para los tamaños nominales	42
Tabla 16 — Determinar la relación agua cemento	42
Tabla 17 — Para determinar el volumen del de agregado grueso.....	43
Tabla 18 — Para determinar contenido de aire atrapado en el concreto	43
Tabla 19 — Ecuaciones para los diferentes cálculos de diseño de mezcla	43
Tabla 20 — Determinación de humedad natural de agregado fino	52
Tabla 21 — Determinación de humedad natural de agregado grueso.....	53
Tabla 22 — Resultado de análisis granulométrico por tamizado del agregado fino	53
Tabla 23 — Análisis Granulométrico por tamizado del agregado grueso.....	54
Tabla 24 — Resultados del peso unitario suelto y compactado del agregado fino	55
Tabla 25 — Resultados del peso unitario suelto y compactado de agregado grueso	55
Tabla 26 — Gravedad específica y absorción del agregado fino de la cantera Murillo.....	56
Tabla 27 — Gravedad específica y absorción del agregado grueso de la cantera Murillo	56



Tabla 28 — Abrasión los ángeles del agregado grueso de la cantera Murillo	57
Tabla 29 — Resultados de la caracterización de los agregados	57
Tabla 30 — Proporción de elementos para la mezcla de concreto según método ACI 211.1	61
Tabla 31 — Dosificación de materiales para tres muestras prismáticos y probetas de concreto .	61
Tabla 32 — Temperatura del concreto fresco sin fibra y con fibra de acero	62
Tabla 33 — Resultados del ensayo del asentamiento de concreto fresco con/sin fibra de acero.	63
Tabla 34 — Resultados del porcentaje del aire atrapado en el concreto fresco	64
Tabla 35 — Resultado a compresión con 0 % de adición de fibra de acero a la edad de 7, 14 y 28 días.....	65
Tabla 36 — Resultado a compresión con 2 % de adición de fibra de acero a la edad de 7, 14 y 28 días.....	66
Tabla 37 — Resultado a compresión con 4 % de adición de fibra de acero a la edad de 7, 14 y 28 días.....	67
Tabla 38 — Resultado a compresión con 6 % de adición de fibra de acero a la edad de 7, 14 y 28 días.....	68
Tabla 39 — Resultados de módulo de rotulo de la viga a flexión con 0 % de adición de fibra de acero a las edades 14 y 28 días de curado	71
Tabla 40 — Resultados de módulo de rotulo de la viga a flexión con 2 % de adición de fibra de acero a las edades 14 y 28 días de curado	71
Tabla 41 — Resultados de módulo de rotulo de la viga a flexión con 4 % de adición de fibra de acero a las edades 14 y 28 días de curado	72
Tabla 42 — Resultados de módulo de rotulo de la viga a flexión con 6 % de adición de fibra de acero a las edades 14 y 28 días de curado	72
Tabla 43 — Determinación de la media y desviación estándar para el cálculo de la contrastación de la hipótesis del concreto de resistencia a compresión $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de edad con adición de fibra de acero.....	74
Tabla 44 — Resultados de la prueba estadístico para una hipótesis del concreto de resistencia a compresión $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ a los 28 días de edad con adición de fibra de acero.....	75
Tabla 45 — Determinación de la media y desviación estándar para el cálculo de la contrastación de la hipótesis.	76
Tabla 46 — Resultados de la prueba estadístico para una hipótesis del concreto de resistencia a flexión $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ a los 28 días de edad con adición de fibra de acero.	77



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del contenido de humedad	31
Figura 2 — Diagrama de flujo del proceso de análisis granulométrico de los agregados.	33
Figura 3 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.....	35
Figura 4 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del peso específico y absorción del agregado fino.....	37
Figura 5 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del peso unitario suelto	38
Figura 6 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del peso unitario compactado.....	39
Figura 7 — Sección transversal de la fibra de acero trefilado Wirand FF3	40
Figura 8 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del diseño de mezcla del concreto	41
Figura 9 — Flujo del proceso en la determinación del asentamiento del hormigón.....	44
Figura 10 — Determinación del asentamiento.....	44
Figura 11 — Diagrama del proceso en la determinación de la temperatura del hormigón.....	45
Figura 12 — Determinación de la temperatura	45
Figura 13 — Diagrama de flujo del proceso en la determinación del contenido de aire en el hormigón.....	46
Figura 14 — Ensayo del aire atrapado en el concreto.....	46
Figura 15 — Elaboración y curado de muestras cilíndricos.....	48
Figura 16 — Determinación de la resistencia a compresión.....	48
Figura 17 — Proceso de curado y procedimiento del ensayo	49
Figura 18 — Falla frágil y fisuración de los testigos prismáticos.....	50
Figura 19 — Curva granulométrica de agregado fino de la cantera Murillo	54
Figura 20 — Curva granulométrica de agregado grueso	54
Figura 21 — Dosificación y elaboración de las muestras	61
Figura 22 — Comportamiento de la temperatura del concreto fresco sin/con fibra de acero.....	62
Figura 23 — Control de temperatura en el concreto en su estado fresco sin/con fibra de acero .	62
Figura 24 — Asentamiento del concreto fresco sin/con fibra de acero (Slump)	63
Figura 25 — Comportamiento del contenido de aire atrapado en el concreto fresco	64
Figura 26 — Ensayo del aire atrapado en el concreto con olla de Washington.....	64
Figura 27 — Comportamiento de la resistencia a compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 0 % de fibra de acero	65



Figura 28 — Comportamiento de la resistencia a compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 2 % fibra de acero.....	66
Figura 29 — Comportamiento de la resistencia a compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 4 % fibra de acero.....	67
Figura 30 — Gráfica de la resistencia a compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 6 % fibra de acero.....	68
Figura 31 — Comportamiento de la curva de la resistencia a la compresión en (kg/cm ²)	69
Figura 32 — Comportamiento de la curva de la resistencia a la compresión en (%)	69
Figura 33 — Comportamiento de la barra de la resistencia a la compresión en (kg/cm ²).....	70
Figura 34 — Comportamiento de la resistencia a la compresión en (%).....	70
Figura 35 — Resultados del módulo de rotura a flexión de las vigas a la edad 14 y 28 días	73
Figura 36 — Comportamiento de la resistencia a flexión a la edad de 14 y 28 días	73
Figura 37 — Prueba unilateral al lado izquierda o de cola izquierda.	75
Figura 38 — Prueba unilateral al lado izquierda o de cola izquierda.	77
Figura 39 — Ubicación del problema en el distrito de Abancay	84
Figura 40 — Ubicación de la Cantera Murillo.....	84
Figura 41 — Formación del suelo para los materiales de la cantera Murillo.....	85
Figura 42 — Tipo de roca en la cantera Murillo	85
Figura 43 — Extracción de material para los ensayos	86
Figura 44 — Estudio granulométrico del agregado fino	86
Figura 45 — Análisis granulométrico del agregado grueso	87
Figura 46 — Dosificación de materiales para la elaboración de la mezcla.....	87
Figura 47 — Extracción de la mezcla de concreto.....	88
Figura 48 — Elaboración de testigos para los ensayos	88
Figura 49 — Ensayo de asentamiento en concreto fresco.....	89
Figura 50 — Testigos de concreto 175 kg/cm ² para los ensayos	89
Figura 51 — Proceso de curado de los testigos.....	90
Figura 52 — Testigos para las respectivas roturas como cilíndrico y viga.....	90
Figura 53 — Ensayo a compresión de los testigos cilíndricos.....	91
Figura 54 — Tipos de falla de los testigos de vigas y cilindros después del ensayo	91
Figura 55 — Tipos de falla después del ensayo	92
Figura 56 — Dimensionamiento para la colocación de las vigas para su respectivo ensayo	92
Figura 57 — Ensayo de módulo de rotura a flexión de una viga	93



Figura 58 — Fallas de las muestras cilíndricas y vigas.....	93
Figura 59 — Certificado de calibracion balanza electronica 6000 g	94
Figura 60 — Resultados de calibracion balanza electronica.....	95
Figura 61 — Resultados de calibracion balanza electronica.....	96
Figura 62 — Certificado de calibracion balanza electronica 30000 g	97
Figura 63 — Resultados de calibracion balanza electronica.....	98
Figura 64 — Resultados de calibracion balanza electronica.....	99
Figura 65 — Certificado de calibracion prensa de concreto 2000 kn	100
Figura 66 — Resultados de calibracion prensa de concreto.....	101



INTRODUCCIÓN

El hormigón aplicado en elementos de estructuras de una construcción que trabajan a compresión, es uno de los materiales muy resistentes, en elementos de estructuras que soportan cargas a flexión el concreto es muy débil, son una de las causas que afectan el comportamiento de las estructuras, es por eso la manifestación de fisuras en diferentes puntos de elementos que trabajan a flexión, en consecuencia a la carga que soportan los elementos de una estructura se propaga la fisura hacia interior dañando todo el elemento.

Hay estudios que demuestran que la adición de la fibra de acero en el hormigón mejora sus propiedades mecánicas aumentando su ductilidad, lo que le confiere mayor resistencia y evita el agrietamiento. El uso de las fibras en el Perú, tiene mayores antecedentes en la ciudad de Lima, mientras que en la ciudad de Abancay tiene pocos antecedentes. Es por esta razón que iniciamos una investigación sobre la adición de las fibras de acero en las propiedades del concreto aplicado en las construcciones, ya que no existen pautas adecuadas para evitar errores durante la preparación, manipulación y vertido de este hormigón. Incluimos la aplicación de concreto con fibras de acero a pavimentos, edificaciones con grandes losas de techos que constituyen vaciados de concreto en grandes volúmenes, que generalmente tienen problemas de fisuración, en ese sentido la investigación se clasifica en seis capítulos: dentro del primero consideramos la descripción de problema general, problemas específicos y la justificación correspondiente de la investigación; segundo la proyección del objetivo general y específico, la hipótesis general y específico, la operacionalización de las variables independientes y dependientes; tercero tenemos el marco teórico, antecedente internacional, nacional y marco conceptual; cuarto tipo, nivel y diseño, descripción ética, población, muestra y procedimientos; quinto tenemos análisis de resultados y discusiones; sexto conclusiones y recomendaciones.



RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo general analizar el comportamiento de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ tras la adición de fibra de acero Wirand FF3 en 2 %, 4 %, y 6 % para analizar el efecto del hormigón, se aplicó un diseño experimental en el cual participaron 68 especímenes de hormigón de resistencia a la compresión $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ donde el diseño del hormigón está compuesto por los agregados de la cantera Murillo del sector Pachachaca, cemento sol tipo I y fibra de acero Wirand FF3, los cuales fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: especímenes de hormigón sin fibra de acero y especímenes de hormigón con fibra de acero Wirand FF3. Se utilizó instrumentos, materiales de campo y equipos de laboratorio con la finalidad de obtener resultados como: caracterización de agregados, diseño de mezcla y ensayo de los especímenes. Se analizaron los siguientes resultados de acuerdo a la investigación realizada: con la adición de fibra de acero Wirand FF3 a 0 %, 2 %, 4 % y 6 % se ha obtenido un asentamiento de 9.53 cm, 6.98 cm, 3.78 cm y 1.9 cm, así como también la resistencia a compresión a los 28 días dieron valores de 245.88 kg/cm^2 , 264.70 kg/cm^2 , 252.90 kg/cm^2 y 222.65 kg/cm^2 y la resistencia a flexión 29.39 kg/cm^2 , 30.8 kg/cm^2 , 44.85 kg/cm^2 y 51.33 kg/cm^2 respectivamente, de donde se concluye que la adición con 2 % de fibra de acero Wirand FF3 es aceptable en trabajabilidad del concreto, también hasta 4 % de adición mejora su resistencia a compresión y hasta 6 % su resistencia a flexión.

Palabras clave: analizar, propiedades físicas mecánica, concreto, adición, fibra de acero.



ABSTRACT

The general objective of this research is to analyze the behavior of the mechanical physical properties of concrete $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ after the addition of Wirand FF3 steel fiber in 2%, 4%, and 6% to analyze the effect of the concrete, an experimental design was applied in which 68 concrete specimens of compressive strength $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ participated where the concrete design is composed of the aggregates of the quarry Murillo from the Pachachaca sector, type I sun cement and Wirand FF3 steel fiber, which were randomly divided into two groups: concrete specimens without steel fiber and concrete specimens with Wirand FF3 steel fiber. Instruments, field materials and laboratory equipment were used in order to obtain results such as: aggregate characterization, mixture design and specimen testing. Instruments, field materials and laboratory equipment were used in order to obtain results such as: aggregate characterization, mixture design and specimen testing. The following results were analyzed according to the research carried out: with the addition of Wirand FF3 steel fiber at 0%, 2%, 4% and 6%, a settlement of 9.53 cm, 6.98 cm, 3.78 cm and 1.9 cm has been obtained, as well as the resistance At 28 days, the compressive strength was 245.88 kg/cm^2 , 264.70 kg/cm^2 , 252.90 kg/cm^2 and 222.65 kg/cm^2 and the flexural strength was 29.39 kg/cm^2 , 30.8 kg/cm^2 , 44.85 kg/cm^2 and 51.33 kg/cm^2 respectively, from which it is concluded that the addition with 2% Wirand FF3 steel fiber is acceptable in concrete workability. Also, up to 4% addition improves its compressive strength and up to 6% its flexural strength.

Keywords: *analyze, physical mechanical properties, concrete, admixture, steel fiber.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La industria de la construcción es una de las más importantes porque facilita el crecimiento de las ciudades de todo el mundo, especialmente en proyectos de construcción que requieren el uso del hormigón como material de mayor demanda, por tal motivo, las investigaciones de clase mundial han demostrado que el concreto hecho solo con cemento Portland causa problemas con el tiempo, como agrietamiento, carbonatación, ataque químico, no lograr obtener la resistencia a la compresión y flexión requerida, etc. Por lo tanto, existe la necesidad de mejorar las propiedades del hormigón, por lo que, en este estudio piloto, nuestro objetivo fue explorar e identificar los beneficios de la innovación tecnológica en la producción de hormigón de alto rendimiento.

En nuestro país la población va en aumento y también el número de edificaciones y habilitaciones urbanas, por lo cual se requiere más investigaciones en el comportamiento de las propiedades físicas mecánicas del concreto, para obtener un mejor control y entendimiento de su preparación, mediante tecnologías modernas, donde estas innovaciones incluyen aditivos que mejoran las propiedades del concreto en su estado fresco, dúctil y fraguado.

En nuestro distrito de Abancay se aprecia uno de los problemas más notorios en las obras es la aparición de grietas en las losas aligeradas, pavimentos rígidos, etc. Estas grietas ocurren por muchas razones, como la contracción por secado, el fraguado tardío, la temperatura del concreto, la temperatura del aire, la velocidad del viento, etc.

Los problemas de grietas se encuentran principalmente en estructuras sólidas de concreto, debido a un control inadecuado de la temperatura, diseño, inicio del curado; la presencia de



grietas puede provocar la falla de la resistencia a la compresión requerida, la corrosión del acero, etc. Fue por este problema que empezamos a añadir fibras de acero al hormigón. A través de décadas de investigación y desarrollo, junto con una amplia gama de aplicaciones prácticas, la adición de la fibra de acero en el hormigón ha demostrado ser confiables y eficientes, al mismo tiempo, pueden ser materiales de construcción si se usan correctamente.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el comportamiento de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el comportamiento del asentamiento del concreto fresco $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac?
- ¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6% en la ciudad de Abancay, Apurímac?
- ¿Cuál es la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac?

1.2.3 Justificación de la investigación

Con este trabajo de investigación se buscó contribuir y mejorar en la industria de la construcción, donde el material más utilizado es el concreto. En la actualidad existen innovaciones tecnológicas, como el uso de fibras de acero en el concreto, utilizadas en revestimientos industriales, túneles de hormigón proyectado, estructuras prefabricadas, etc. De los cuales hay experiencias exitosas con este material. Por lo tanto, se utilizó fibra de acero Wirand FF3 para evaluar su impacto en las propiedades del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay, para poder observar y describir los efectos de este material en el hormigón, a partir de estos estudios surgirán



aportes para la industria de la construcción. La importancia de este estudio radica en producir información para la elaboración de proyectos, construcción y seguimiento de estructuras de hormigón con fibra de acero Wirand FF3, y así tener el potencial de asegurar los parámetros, durabilidad y uso eficiente de los materiales para cada necesidad durante su materialización de los proyectos.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Analizar el comportamiento de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac

2.1.2 Objetivos específicos

- Analizar el asentamiento del concreto fresco $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac
- Analizar la resistencia a la compresión del concreto $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac
- Analizar la resistencia a la flexión del concreto $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

Mejorar las propiedades físicas mecánicas de concreto $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción de 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac



2.2.2 Hipótesis específicas

- Mejorar el asentamiento del concreto fresco $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac
- Mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac
- Mejorar la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICE
Independiente Fibra de acero	Porcentaje de adición de fibra de acero en 2 %, 4 % y 6 % en un diseño de mezcla $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	Fibra de acero Maccaferri Wirand FF3	(kg)
Dependiente Comportamiento de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	Propiedades físicas en concreto fresco • Se realizarán 3 ensayos por cada tipo de muestra.	Asentamiento (Slump) • Del concreto fresco sin/con fibra de acero	(Pulg)
	Propiedades mecánicas en concreto endurecido • Se elaborarán 3 testigos para cada ensayo y para las diferentes edades.	Resistencia a compresión • A las edades de 7, 14 y 28 días Resistencia a flexión: • A las edades de 14 y 28 días	(kg/cm^2)

- **Fibra de acero:** Las fibras metálicas son filamentos delgados con corta longitud y tiene pequeño diámetro, que consiguen ser aprovechado para constituir hilos del material que estén compuesto (SILVA & SARTA, 2017)
- **Comportamiento de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$:** Concreto con suma de fibras metálicas tiene mejor comportamiento de la estructura, debido a que reducen aparición de fisuras, proporcionado una mejor calidad y durabilidad. (LAO, 2007)



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

Según (GÁLVEZ, 2021) Estudio de factibilidad para la implementación de la tecnología de hormigones reforzados con fibra, en la construcción de pavimentos aeroportuarios en Chile. Existen aproximadamente 2,6 millones de metros cuadrados de pavimentos aeroportuarios rígidos construidos a la fecha, en el área de movimiento de la Red Nacional de la Dirección de Aeropuertos, según el levantamiento de pavimentos realizado en el año 2019. La mayoría de estos pavimentos tienen grandes espesores de losa que varían entre 30 a 45 cm con el fin de soportar las grandes cargas de las aeronaves a las cuales están solicitados. Con el paso del tiempo, en el rubro de los pavimentos viales, se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten mejorar su calidad, otorgándole una mayor durabilidad, o, por el contrario, disminuir espesores de losa, manteniendo la durabilidad de un hormigón convencional. Es así como llega el hormigón reforzado con fibras (HRF) a revolucionar el área de vialidad de la ingeniería civil. El HRF corresponde al hormigón al cual se le han incorporado fibras en el proceso de mezcla, siendo las macrofibras de acero o sintéticas las principales utilizadas en aplicaciones de pavimentos. Las macro fibras han mostrado mejorar la capacidad última a flexión de las losas de hormigón, permitiendo un diseño estructural más eficiente del espesor de losa. Lo anterior mediante el uso de la resistencia residual a una deflexión de 3 mm (f_{150}) dada en la norma ASTM C1609, la cual ha mostrado cuantificar los beneficios de agregar cualquier tipo de macrofibra en la capacidad de la losa. Al agregar la resistencia residual (f_{150}) a la resistencia a flexión del hormigón (f_1), se obtiene una resistencia a flexión efectiva (f_{eff}) que puede ser usada en programas de diseño de pavimentos estructurales existentes. Algunos



valores de resistencia residual para aplicaciones de pavimentos varían entre 0,7 a 1,5 MPa.

(MACÍAS, 2020) En esta tesis para maestría, se realiza una investigación experimental sobre las deformaciones producto del Creep en losas de concreto reforzado con fibras cortas de acero, empleando cuatro mezclas con porcentajes de fibras del 0 %, 1 %, 1.5 % y 2.0 % para elementos sometidos a flexión pura. Los especímenes se sometieron a dos escenarios de cargas puntuales a los tercios de la longitud de cada losa: el primer escenario con una carga constante de 45 kg y el segundo en función de la resistencia máxima a la flexión esperada para cada mezcla, afectada por un porcentaje del 75 %. La recolección de datos se realizó durante un periodo de un año, al finalizar este ciclo se procedió a graficar los resultados obtenidos con el fin de comparar las deformaciones a largo plazo en elementos de concreto reforzado convencionalmente frente a los demás, se establece la relación entre el porcentaje de fibras cortas de acero y las deflexiones a largo plazo, y se propone una relación matemática para el cálculo de deformaciones a largo plazo en elementos de concreto reforzado con fibras cortas de acero solicitados a flexión, pero aplicable bajo los escenarios y condiciones evaluados. La mayoría de especímenes con fibras de acero no fallaron durante su periodo de carga, pero sí presentaron deformaciones (a largo plazo) 1.76 – 3.29 veces mayores que las teóricas. Es claro que el refuerzo convencional no puede ser reemplazado por fibras de acero ante solicitaciones de carga cercanas al límite nominal de falla. El espécimen que menor deformación presentó con respecto a su valor teórico fue el que tenía un porcentaje de fibras de acero del 1.5 %, deformación resultante de una carga del 52 % de la resistencia máxima a flexión. Lo que podría llevar a pensar que, ante una carga de servicio normal, como por ejemplo del 40 % de su resistencia última, sus deformaciones debidas a Creep pueden estar cercanas a las de un elemento convencional de concreto.

3.1.2 Antecedentes nacionales

Según (SÁNCHEZ Y SÁNCHEZ, 2021) Análisis comparativo del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF1 y concreto reforzado con fibras de alambre N° 16 diseñado para losas de pavimento rígido de Lambayeque – Perú. Durante los últimos años se ha venido desarrollando y haciendo más popular



el estudio del concreto utilizando fibras de diferentes materiales, uno de ellos las fibras metálicas. Según el tipo, forma, dosificación y distribución de las fibras se obtienen resultados de resistencia y flexión distintos debido a este micro reforzamiento que se le hace al concreto. Las fibras metálicas en esencia trabajan retardando y reforzando las fisuras cuando su orientación y ubicación se encuentran apropiadamente; la cantidad es un factor muy predominante ya que simboliza la cuantía en un refuerzo tradicional. En esta tesis se analiza y compara el comportamiento que tiene el concreto cuando es sometido a cargas axiales y flexionantes, estando o no reforzados con fibras metálicas de dos tipos. El primer tipo, es una fibra comercial, la Wirand® Fiber Flooring 1 (FF1) de la empresa Maccaferri y el segundo tipo, es una fibra elaborada a partir de alambre N° 16 con la misma longitud, 50 mm. Estas fibras se añaden al concreto en dos dosificaciones, 1 % y 2 % en peso y se elaboran ensayos en el laboratorio. Finalmente, usando los datos obtenidos se procede al diseño de pavimento rígido mediante el método normado AASHTO y PCA, comparando las diferencias en espesores para cada caso. Estos cálculos de espesores se hacen usando un número constante de repeticiones y una carga específica estándar, con lo que se asegura una comparación en iguales condiciones; a partir de ello se establece una diferencia económica estimable del concreto para la losa.

Según (SANDOVAL, 2022) efectos de la incorporación de fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto con aditivo plastificante, Lambayeque 2020. Ante la necesidad de que el concreto deje de ser un material muy frágil y tenga la capacidad de contrastar la figuración por retracción plástica se analizó el uso de las fibras de acero siendo estas muy utilizadas, surgiendo la hipótesis de ¿Cuál es el efecto de la incorporación de la fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto con aditivo plastificante? Por tal motivo el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la incorporación de las fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto con aditivo plastificante. Se realizaron adiciones de fibras de acero en porcentajes de dosificación de 1 %, 2 %, 3 % y 4 % en función al volumen del concreto para diseños de 210 kg/cm² y 280 kg/cm². Utilizando fibras de acero KF 80/60 de 0.75 mm de diámetro y 60.00 mm de largo. Las propiedades evaluadas fueron: la resistencia a la compresión, tracción, flexión y módulo de



elasticidad. Se obtuvo como resultados una temperatura y asentamiento del concreto con un rango aceptable hasta el 3 % de adición de fibras de acero. Para las propiedades mecánicas del concreto se tiene que para los diseños de 210 kg/cm² y 280 kg/cm² las dosificaciones óptimas fueron de 2 % y 4 %, aumentando la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, mientras que para la tracción fueron de 2 % y 3 %, del mismo modo para la flexión fue de 4 % de fibras de acero para ambos diseños de concreto.

3.1.3 Antecedente local

Según (FLORES Y OSTOS, 2019) Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019. La presente investigación tiene como objetivo general analizar y comparar la resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019, con este propósito la pregunta de investigación es la siguiente: ¿Cómo es el análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019? La cual se responde a través de diferentes procedimientos que nos llevaron a los resultados. En cuanto a resistencia a compresión se llegó a la conclusión, que con refuerzo de la fibra de acero en 4 % y 6 % nos arroja mayores resistencias, sin embargo, disminuye la trabajabilidad.

Según (QUISPE, 2022) Incorporación de las fibras de acero tipo I alambre trefilado en frío en el comportamiento de las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido en el casco urbano de Abancay, 2020. El presente trabajo de investigación tiene como propósito buscar una alternativa para controlar la aparición y formación de fisuras en pavimentos rígidos en la ciudad de Abancay, con la incorporación de las fibras de acero tipo I alambre trefilado en frío, con el objetivo de determinar el comportamiento de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido (resistencia a la compresión y flexión), para lograr dicho propósito se ha realizado un diseño de concreto patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que es la base para



realizar relación con concreto incorporado de cantidades 1 %, 1.5 %, 2 % por volumen. Para desarrollar esta investigación, se realizaron especímenes de 36 testigos cilíndricos para ser sometidos prueba a la compresión y 36 probetas prismáticas para ensayos a la flexión. De los resultados obtenidos, se da conocer que la incorporación de las fibras de acero con cantidad de 1 % por volumen, presenta mejor comportamiento en estado fresco con una buena trabajabilidad, así como también en estado endurecido con respecto a resistencia a la compresión no disminuye, en cuanto a la resistencia a la flexión tiene mejor desarrollo en relación al concreto patrón.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Cemento Portland

(TORRES, 2004) afirma según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio como adición durante la molienda. (p.5)

Según (TORRES, 2004) el cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad. (p.5)

3.2.1.1 Materia prima del cemento Portland

- a) **Materiales calcáreos:** Según (TORRES, 2004) deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio (Co_3Ca) que será entre 60 % a 80 %, y no deberá tener más de 1.5 % de magnesia. Aquí tenemos a las margas, cretas v calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal. (p.6)

- b) **Materiales arcillosos:** Para (TORRES, 2004) deben contener sílice en cantidad entre 60 % y 70 %. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas en general. (p.6)



- c) **Minerales de hierro:** Indica (TORRES, 2004) suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla. (p.6)

- d) **Yeso:** Está compuesto por sulfato de calcio que contribuye en la aceleración de fragua del concreto. (TORRES, 2004)

3.2.1.2 Composición químicos

- a) **Componentes químicos:** El cemento portland está compuesto por elementos químicos que contienen óxidos, también se determinó que los principales óxidos son: cal, alúmina y óxido férrico, siendo la mayoría de estos 95 % al 97 %. También mencionar que existen en menores cantidades otros tipos de óxidos como por ejemplo la magnesia, anhídrido sulfúrico y álcalis, y otros óxidos de menor importancia. (TORRES, 2004, P. 11)

- b) **Compuestos químicos:** En el proceso de la calcinación para la elaboración del Clinker del cemento portland los óxidos se mezclan con los componentes ácidos, producto de la combinación de la materia prima se generan cuatro compuestos químicos de los cuales las principales están constituido entre 90 % - 95 % del cemento portland. Así como también en el proceso de la elaboración se generan en cantidades menores otros compuestos químicos también conocidos secundarios. (TORRES, 2004, P. 11)

3.2.1.3 Tipos de cemento Portland

- a) **Tipo I:** [...] Se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua. (TORRES, 2004, P. 19)

- b) **Tipo II:** [...] Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas



estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos. (TORRES, 2004, P. 19)

- c) **Tipo III:** Según (TORRES, 2004), para obras que requiera alta resistencia elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (ejm: adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado. (p.19)
- d) **Tipo IV:** Según (TORRES, 2004) para estructuras se requiera bajo calor de hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos. (p.19)
- e) **Tipo V:** es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar también en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos. (TORRES, 2004, P. 19)

3.2.2 Agregados

Según (ÁVILA Y BURITICA, 2016) nos dice que son materiales inertes, naturales o artificiales, de forma granular clasificados según el tamaño de sus partículas en agregados finos (arenas) y agregados gruesos (gravas), ocupando del 59 % al 76 % en el volumen del concreto. (p.29)

3.2.3 Agua

Según (TORRES, 2004) El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. (P.31)



3.2.4 Aire

Según (TORRES, 2004) el aire atrapado o retenido en el concreto, se expresa en % del volumen total normalmente se presenta entre 1 % al 3 %. (P.91)

3.2.5 Concreto

Según (CEMENTO SOL, 2012) 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. (P.11)

3.2.5.1 Tipos de concreto

- a) **Concreto simple:** Es todo concreto que no tiene refuerzos de aceros o amarres de aceros por ejemplo el concreto para vereda o solados.
- b) **Concreto armado:** Es todo aquel concreto que tiene refuerzo de fierro para resistir esfuerzos tanto verticales y horizontales en una estructura.
- c) **Concreto ciclópeo:** Es el concreto simple a cuya masa se le agrega piedras medianas o bloques, cuyo concreto no tiene armaduras y normalmente se usa en cimentación y muros.
- d) **Concreto pre mezclado:** Es todo aquel concreto que se dosifica en la planta concretara o en camiones mezcladores y que es trasladado a la obra para su respectiva colocación.
- e) **Concreto prefabricado:** Es todo aquel concreto simple o armado cuyo material se utiliza para construcción y se obtiene del mesclado, vaciado y curado en moldes reusables con una geometría específica.
- f) **Concreto de resistencia 175 kg/cm²:** el concreto es un material compuesto que se utiliza en el ámbito de la construcción, formado fundamentalmente por un aglomerante al que se le añade agregado, agua, cemento y con estas proporciones, la resistencia del concreto al cabo de un mes, debe ser mayor o igual a 175 kg/cm². Esto solo sucede si el



concreto ha sido debidamente dosificado, preparado, colocado y curado durante los días de fraguado como mínimo hasta los 28 días.

3.2.5.2 Propiedades del concreto

a) **Consistencia:** La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua en la preparación del concreto. (ABANTO, 2009, P. 47)

Tabla 2 — Relación de la consistencia y asentamiento

Consistencia	Asentamiento (plg)
Seca	0" - 2"
Plástica	3" - 5"
Blanda	6" - 9"
Fluida	10" - 15"

Extraído de: (TORRES, 2004, P. 82)

b) **Cohesividad:** (MOY Y REMUZGO, 2013) Afirma que la cohesividad es la propiedad que permite al concreto fresco controlar el peligro de segregación durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir aspereza en el acabado también se dice que el grado adecuado de cohesividad del concreto si no es demasiado plástica ni demasiado viscosa, es plástica y no segrega fácilmente (p.26)

c) **Compactabilidad:** Manifiesta (TORRES, 2004) que es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire incluido. (p.83)

d) **Segregación:** Según (ABANTO, 2009) la segregación 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. (p.50) también se conoce como la separación de los agregados gruesos y finos. (TORRES, 2004)

3.2.5.3 Propiedades mecánicas del concreto

a) **Resistencia a compresión:** La resistencia a la compresión es una característica mecánica del concreto cuya su máxima valoración de la resistencia se obtiene a los 28 días después del colocado de concreto como también se puede obtener menores y mayores a los 28 días depende del tipo de cemento. (TORRES, 2004)

b) **Resistencia a flexión:** Según (TORRES, 2004) describe que resistencia a la flexión es generalmente su valor corresponde a 10 % de la resistencia en compresión del concreto de un determinado f'_c , esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad. (p.85)

c) **Diagrama esfuerzo deformación:** El diagrama esfuerzo deformación es una representación gráfica, que resulta de representar los esfuerzos que sufre un material en función de la deformación que experimenta al mismo tiempo. Este diagrama comprende varios puntos clave con sus respectivos valores que servirán para tomar decisiones de ingeniería. Existen varios tipos de esfuerzos a las que pueden ser sometidos los materiales; los más conocidos son: esfuerzo de tensión, compresión, cortantes, etc.

d) **Partes del diagrama:** El diagrama presenta varios puntos y regiones que representan un estado del material en cuestión.

Puntos críticos

Límite de proporcionalidad: Cuando un material es sometido a un esfuerzo de tracción, al principio trata de oponerse a la deformación y recobrar su forma original mientras la fuerza no exceda su límite de proporcionalidad. Este es el punto en el que el material está al límite de ser elástico, si el esfuerzo que experimenta se excede, el material aún puede comportarse elásticamente pero ya no recobrar su forma original.



Límite de elasticidad: Después del límite de proporcionalidad un material experimenta una deformación aun elástica, esto significa que todavía trata de resistir al esfuerzo y recuperar su forma; sin embargo, este es un punto bastante cercano al punto de fluencia.

Punto de fluencia: El punto de fluencia es aquella en el cual, el material deja su propiedad elástica; el esfuerzo ha superado su capacidad y desde este punto en adelante el material se comportará como un material plástico, es decir, ya no trata de recuperar su forma original.

Esfuerzo máximo o último: Llamado también esfuerzo último, en este punto el material a alcanzado su capacidad máxima de resistir al esfuerzo que actúa sobre ella, si la fuerza sigue actuando, entonces a partir de ahora el material colapsará hasta llegar al esfuerzo de rotura.

- e) **La ley de Hook:** Las fuerzas de tensión en materiales elásticos, hacen que se cumpla la ley de HOOK como mencionamos con anterioridad; esta ley establece una relación entre el esfuerzo y la deformación que experimenta un cuerpo cuando está sometido a una carga. El esfuerzo y deformación son directamente proporcionales, es decir cuánto más esfuerzo resiste un material, mayor deformación experimenta y cuanto menor esfuerzo resiste, menor es la deformación.

3.2.6 Fibra

A lo largo del tiempo los materiales más utilizados fueron las fibras naturales para mejorar la estabilidad de la estructura y su resistencia, con frecuencia se utilizaron como la paja y otras fibras, por ello hay precedentes de las civilizaciones del uso de las fibras como material para mejorar las estructuras de barro, de esta manera disminuían sus tendencias de las fisuras en la elaboración de abobe. las fibras son elementos cortos y discontinuos normalmente estos elementos mejoran la propiedad mecánica de los materiales, también se utiliza fibras de acero para el concreto para mejorar ciertas propiedades esperadas. (ÁVILA Y BURITICA, 2016, P. 24)



3.2.6.1 Clasificación de las fibras

a) **Fibras minerales:** Las fibras minerales son aquellos materiales elaborados por las industrias o metalúrgico y otras empresas dedicadas al procesamiento de la materia inorgánica a un sub producto como son las fibras de vidrio que trabajan como aislantes térmicos y acústicos, también lanas de vidrio, rocas de escoria, fibras cerámicas refractarias, así mismo en los últimos decenios también se han desarrollado de acero para la industria de la construcción de esta manera se busca implementar nuevos materiales que contribuya en el desarrollo de la construcción. (ÁVILA Y BURITICA, 2016)

b) **Fibras naturales:** Las fibras naturales en la actualidad y a lo largo del tiempo sigue perdurando en la industria de la construcción dentro del territorio peruano y estos elementos se utilizaron como refuerzos, como piezas estructurales tensoras. Generalmente son materiales abundantes disponibles localmente, barato incluso sin costo, rápidamente renovable como tenemos estas fibras son aquella paja, Junco y tienen alta resistencia a la tracción. (ÁVILA Y BURITICA, 2016)

3.2.6.2 Fibras más utilizadas en el concreto

Las fibras más utilizadas dentro del ámbito de la construcción desde tiempos anteriores fueron de mucha importancia, que se utiliza para mejorar la resistencia del concreto u otros materiales como en el barro. (ÁVILA Y BURITICA, 2016)

Tabla 3 — Fibras más utilizadas en los concretos

Tipo de fibra	Resistencia a tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Densidad (kg/cm ³)	Alargamiento de rotura (%)
Acero	500-300	210	7800	3.5
Acero inoxidable	2100	160	7860	3
Vidrio	2000	60	2700	3.6
Carbono	3000	20 - 500	1900	0.5

Nylon	900	4	1100	13 - 15
Polipropileno	400 - 800	5.0 - 25	900	8.0 - 20
Poliéster	700 - 900	8 - 2	1400	11.0 - 13.0
Hormigón	5.0 - 8.0	30	2300	-----

Etraido de: Ramos Salcedo, Heisin, Aplicación de la fibra estructurales a los pilotes tipo CPI.

3.2.6.3 Propiedades mecánicas de las fibras

Según (ÁVILA Y BURITICA, 2016) Las fibras para que tengan un comportamiento óptimo deben estar homogéneamente distribuidas en la mezcla componiendo una micro-armadura la cual tiene un comportamiento eficaz mecánicamente a la fisuración y permite mayor ductilidad a toda la masa de la mezcla. En los concretos convencionales la resistencia a la tracción es casi despreciable, lo que no sucede al adicionarle fibras a la mezcla de hormigón ya que con la adición de estas se logra estabilizar esta resistencia lo que permite considerar esta propiedad como resistencia de diseño. Debido a que los ensayos a tracción directa son complicados de realizar, estos se hacen indirectamente mediante la flexión de vigas o placas. Un concreto normal sin ningún tipo de refuerzo, una viga simplemente apoyada su carga de primera fisuración la viga falla de inmediato siendo el comportamiento típico de un material frágil mientras que con un hormigón fibroreforzados cuando el punto de primera fisuración llega este empieza a soportar más carga constante generando un mayor desplazamiento y un colapso más lento. Estos comportamientos ya sean grados de ductilidad y tenacidad que adquiere el hormigón están directamente relacionados con la cantidad de fibras presentes en el hormigón con sus características mecánicas y geométricas. La geometría que tienen las fibras influye en el comportamiento del hormigón ya sea por la relación longitud diámetro lo cual es la característica más influyente debido a que de estas depende la medida de la ductilidad y la tenacidad del hormigón reforzado con fibras de acero. Las resistencias a la tracción de las fibras juegan un papel importante en el comportamiento del concreto fibroreforzados ya que al no producir la extracción inmediata por la adherencia entre fibra hormigón puede llevar a la ruptura lenta de la fibra debido a la resistencia a la tracción de las fibras.



Finalmente, la cantidad agregada en el hormigón es un índice notable ya que es proporcional al grado de ductilidad y tenacidad que adquiere el hormigón fibroreforzados. Se debe tener en cuenta que el aumento de la relación longitud diámetro puede disminuir la dosificación de fibras determinado para obtener una resistencia ya que estadísticamente se incrementa la tracción como consecuencia del incremento estadístico de la longitud de fibra a extraer.

3.2.7 Fibra de acero

(Ávila y Buritica, 2016) Las fibras de acero pueden ser de diferentes composiciones de acero al carbono o con aleaciones según el requerimiento técnico y mecánico o acero inoxidable. También se pueden encontrar fibras con recubrimiento de zinc o galvanizadas que resultan más económicas que las de acero inoxidable y presentan resistencia a la corrosión. Las fibras pueden tener diferentes formas: Rectas, onduladas, corrugadas con extremos conformados, dentadas, entre otras. Sus secciones transversales también pueden ser muy variadas circulares, cuadradas, rectangulares y planas. (p.39)

3.2.7.1 Clasificación de las fibras según su geometría.

Las fibras se caracterizan de una forma determinada diferenciando de los demás teniendo una superficie lineal o irregular de sus características geométricas de la fibra. (ÁVILA Y BURITICA, 2016) también de forma axial las fibras pueden tener diferentes formas ya sean rectilíneas o perfiladas según sea la especificación, mientras que transversalmente pueden ser circulares, rectangulares o variadas. (p.40)



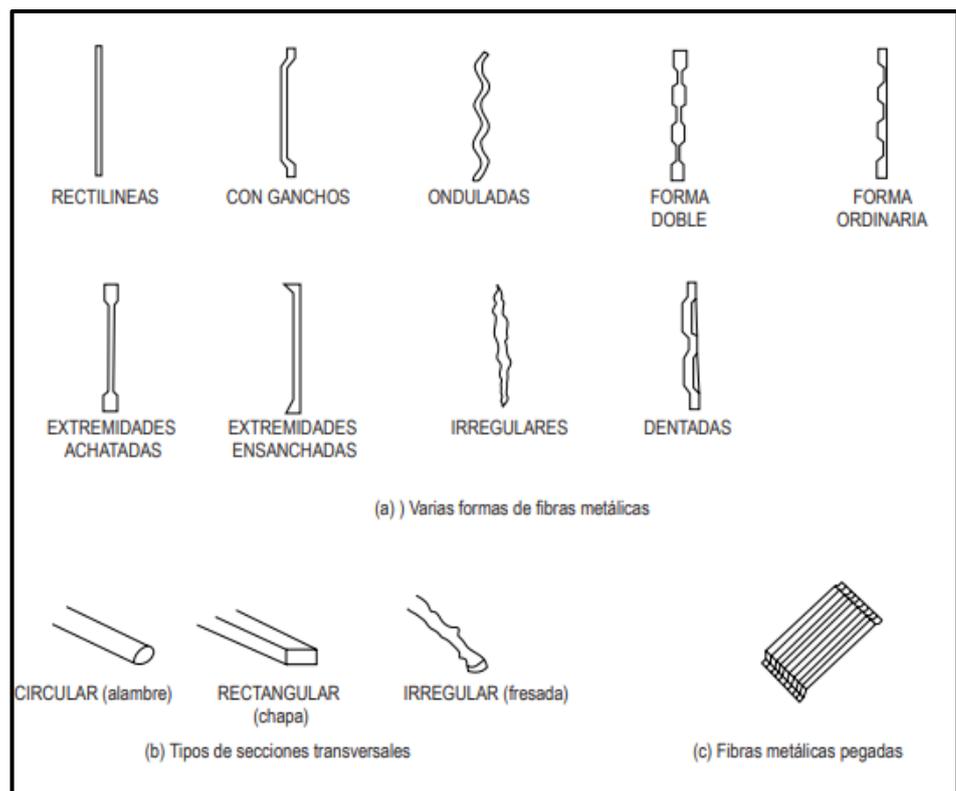


Figure 1 — Sección transversal de las fibras de acero
Extraído de: (ÁVILA Y BURITICA, 2016, P. 40)

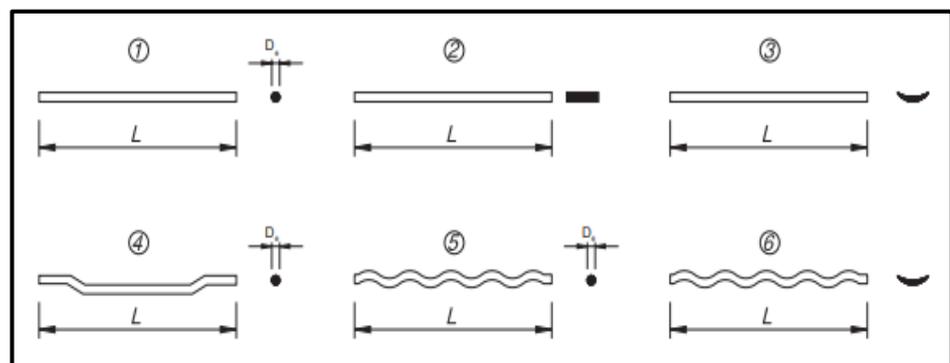


Figure 2 — Forma axial de la fibra de acero
Extraído de: (ÁVILA Y BURITICA, 2016, P. 41)

3.2.7.2 Aplicación

Según (ÁVILA Y BURITICA, 2016) las fibras de acero mejoran las propiedades de ductilidad, dureza, resistencia al impacto, fatiga y resistencia al desgaste. Todo esto dependiendo del tipo de fibra y de la dosificación. Todas estas propiedades dependen para ser específicos de la longitud de las



fibras, de su diámetro, peso específico, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad. Normalmente se recomienda que las fibras se agreguen al concreto fresco en la planta de concreto premezclado por la empresa concretera con la intención que se integren perfectamente a la mezcla por la acción de mezclado durante el trayecto de los camiones de concreto de la planta al sitio de los trabajos. Es normal esperar que con el uso de fibras en la mezcla de concreto se vea afectada la trabajabilidad del concreto, sin embargo, mediante pruebas previas a los trabajos, ésta se puede estimar de muy buena manera y ser considerado en el diseño de mezcla original, evitando que la mezcla sea alterada con agua una vez que el camión esté en el sitio de los trabajos. (P.42-43)

3.3 Marco conceptual

3.3.1 Acero

Según (POLO Y RISCO, 2018) el acero es una aleación de hierro y carbono, se caracteriza por su alta resistencia y es moldeado en su estado líquido. Para esta tesis se utilizó el acero trefilado en dimensiones pequeñas. (p.38)

3.3.2 Concreto

Según (POLO Y RISCO, 2018) el concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción compuesto por una mezcla de agregados (arena gruesa y piedra chancada), aglomerantes y agua. Su dosificación está en relación agua /cemento y su resistencia depende de ella. (p.39)

3.3.3 Fibras

Según (POLO Y RISCO, 2018) son filamentos de pequeñas dimensiones, estas pueden ser metálicas o plásticas, estas quedan expandidas en todas direcciones cuando se mezclan con el aglomerante, dando como un producto resistente a la tracción, cortante, flexión, impacto, fatiga y figuración. (p.39)

3.3.4 Fibras de acero

Según (POLO Y RISCO, 2018) las fibras de acero son aquellos filamentos metálicos que proporcionan mayor resistencia al concreto en sus diferentes propiedades



mecánicas que posee, además éstas varían de forma y tamaños permitiendo usar la más adecuada para cada infraestructura. (p.39)

3.3.5 Físicas

Según (POLO Y RISCO, 2018) es la propiedad de todo material que se puede percibir con los sentidos. (p.39)

3.3.6 Influencia

Según (POLO Y RISCO, 2018) viene a ser el efecto, consecuencia o cambio que las fibras metálicas van a producir en el concreto para la elaboración de los ladrillos, siendo positivas o negativas estos cambios. (p.39)

3.3.7 Mecánicas

Según (POLO Y RISCO, 2018) viene a ser el comportamiento de los materiales que son sometidos a diferentes esfuerzos. (p.39)

3.3.8 Propiedades

Según (POLO Y RISCO, 2018) son las características inherentes de los materiales. (p.39)

3.3.9 Propiedades físicas

Según (POLO Y RISCO, 2018) es la propiedad medible de un material determinado, que sufre cambios y se transforman o evolucionan en un periodo temporal, no depende del tamaño de la extensión de la materia. (p.39)

3.3.10 Propiedades mecánicas

Según (POLO Y RISCO, 2018) las propiedades mecánicas de un material son características propias de su composición, que permiten diferenciar uno del otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización. (p.39)



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

En este estudio, el tipo de investigación utilizado fue aplicada, porque tiene como objetivo resolver el problema planteado mediante la manipulación de la variable independiente que es la fibra de acero con las teorías existentes, para obtener hormigón reforzado con fibra, y así tener la solución del problema planteado.

En esta investigación el nivel fue explicativa, porque buscó la relación que existe entre la variable independiente y dependiente como la causa de los sucesos, así explicar el comportamiento de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibra de acero Wirand FF3.

(BORJA, 2012) La investigación aplicada busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática, está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal. (p.10)

También según (ARIAS, 2012) la investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post tacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. (p.26)



4.2 Diseño de la investigación

En este trabajo de investigación, el diseño de investigación fue experimental, se manipulo intencionalmente la variable independiente que es la fibra de acero Wirand FF3 para luego obtener la información del efecto que género en la variable dependiente.

Según (ARIAS, 2012) la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente) (p. 33)

4.3 Descripción ética de la investigación

El autor de este estudio respeta las reglas de buenas prácticas en la investigación, además, la formación académica que la universidad inculca pone en práctica sin violar los derechos de autor o trabajos ajenos asiéndose de lo suyo, además el investigador respeta las buenas conductas y actitud, también pone en práctica los valores de la casa y la universidad.

4.4 Población y muestra

La población fue representada por todos los diseños de mezcla de concreto de resistencia $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero Wirand FF3 en las proporciones de 2 %, 4 % y 6 % donde el porcentaje de adición de la fibra de acero esta respecto al peso total de los agregados, cemento y agua, en este ensayo se utilizó el cemento Sol tipo I.

Tambien indica (ARIAS, 2012) La población objetivo debe quedar delimitada con claridad y precisión en el problema de investigación (interrogante) y en el objetivo general del estudio. Es decir, deben especificarse los sujetos o elementos que serán analizados y a los que se pretende hacer inferencias a partir de la muestra (p.82).

Para la investigación se utilizó el tipo de muestra probabilístico porque los especímenes del concreto con adición de fibra de acero en las proporciones ya indicadas tienen la misma posibilidad de obtener los resultados de la población, por lo tanto, se considerará que nuestro estudio será una muestra aleatorio simple, porque la población tiene la misma probabilidad de ser la muestra. En esta investigación la muestra está representada por especímenes en estado fresco y en estado endurecido (cilindros y vigas) de concreto sin/con adición fibra de



acero como se muestra en la tabla 4 y 5 para someter a una prueba de resistencia a la compresión y flexión en el laboratorio.

Tabla 4 — Cantidad de muestra para determinar la consistencia de concreto con/sin fibra de acero

Prueba de consistencia (Slump) (f'c = 175 kg/cm²)	Cantidad de muestra
Concreto patrón	3
Concreto con 2 % de fibra de acero Wirand FF3	3
Concreto con 4 % de fibra de acero Wirand FF3	3
Concreto con 6 % de fibra de acero Wirand FF3	3
Total:	12

Tabla 5 — Cantidad de muestras para determinar la resistencia a compresión y flexión de concreto con/sin fibra de acero

Probetas	Compresión (f'c = 175 kg/cm²)	Flexión (f'c = 175 kg/cm²)
Concreto patrón	9	6
Concreto con 2 % de fibra de acero Wirand FF3	9	6
Concreto con 4 % de fibra de acero Wirand FF3	9	6
Concreto con 6 % de fibra de acero Wirand FF3	9	6
Total: 60	36	24

4.5 Procedimientos

El procedimiento de la investigación está compuesto por cinco etapas importantes como: revisión bibliográfica, trabajos preliminares, trabajo experimental, procesamiento de datos y análisis de resultados. En la revisión bibliográfica, hemos revisado los directorios disponibles sobre esta investigación, como las indagaciones locales, nacionales e internacionales, catálogos, revistas y otros libros. En los trabajos preliminares se seleccionaron los agregados gruesos y finos de la cantera Murillo, el agua potable del distrito de Abancay, fibra de acero Wirand FF3 y cemento Sol tipo I para elaboración del concreto. En la etapa del trabajo experimental se determinó los ensayos que se mencionan en los objetivos específicos, como la consistencia del concreto en estado fresco y la resistencia a compresión y flexión en estado endurecido. En el capítulo de procesamiento de datos, se desarrolló los resultados de los ensayos, en tablas, curvas e histogramas como se observa en los resultados, porque solo se evalúan los resultados de las pruebas. En análisis de resultados, pusimos a disposición

resúmenes de las pruebas, en cuadros y curvas con interpretación de los resultados, sobre los problemas planteados en la investigación. Presentamos un análisis detallado de los resultados en el capítulo V.

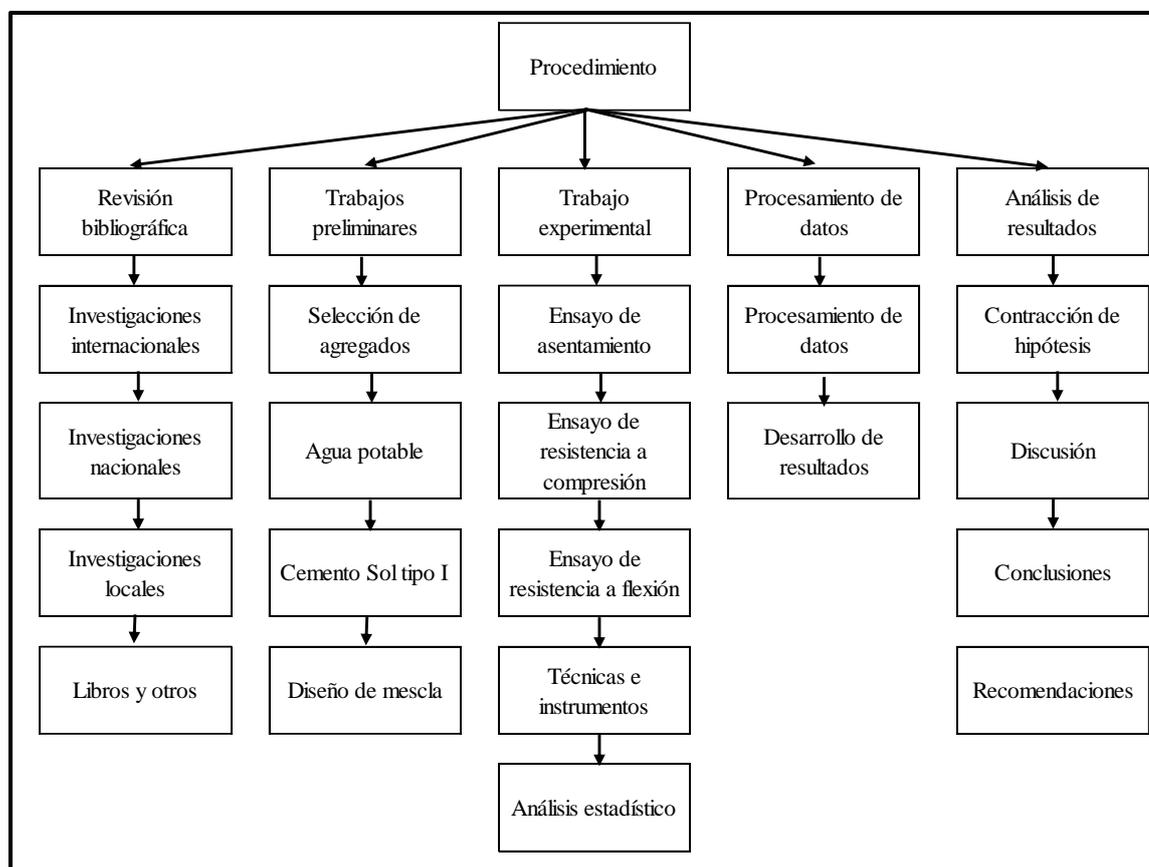


Figure 1 — Procedimiento de la investigación

4.5.1 Ubicación de la cantera de agregados

En la investigación se utilizaron materiales extraídos de las orillas del río Pachachaca donde sus características geológicas están formadas por distintas capas al interior del suelo como se puede apreciar en las fotos 16 y 17 los cambios de su formación y el tipo de deposición, podemos observar también que son materiales de depósito coluvial que están compuestos por mayor parte de rocas ígneas intrusivas y están compuestas por granito y diorita que son materiales con buenas características para utilizar en las construcciones, por su gran capacidad a la resistencia, estos materiales son procesados para la comercialización en el mercado.



La selección de la Cantera Murillo de los materiales áridos para la elaboración de las muestras fue recomendada por su alta tasa de comercialización en la industria de la construcción en el distrito de Abancay, provincia de Abancay departamento de Apurímac, que está ubicado en las orillas del río Pachachaca aproximadamente a 500 metros del puente Pachachaca cuyas coordenadas UTM WGS84 en Norte: 8487001, Este:724840 y Altitud: 1776 m.s.n.m. Como se muestra en la foto 18

4.5.2 Extracción de la muestra de los agregados de la cantera

Fue hecho de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.010:2011 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras.

Inicialmente, se tomaron muestras de agregado grueso y fino en la misma Cantera Murillo. Sobre su alta tasa de comercialización en la industria de la construcción en el distrito de Abancay, a partir de lo cual se decidió utilizar estos agregados en este estudio, los cuales fueron almacenados en el laboratorio GEOMAT SERV E.I.R.L laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto. El peso de las muestras se tomó de acuerdo a la tabla 6.

Tabla 6 — Medidas de las muestras para obtener datos más confiables

Tamaño de muestra de agregado	Masa de la muestra en el campo, mínimo kg(lbs)	Muestra de campo volumen, mínimo L(gal)
Agregado fino		
2.36mm [Nº. 8]	10 [22]	8 [2]
4.75mm [Nº. 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado grueso		
9.5mm [3/8"]	10 [22]	8 [2]
12.5mm [1/2"]	15 [35]	12 [3]
19.0mm [3/4"]	25 [55]	20 [5]
25.0mm [1"]	50 [110]	40 [10]
37.5mm [1 ½"]	75 [165]	60 [15]
50.00mm [2"]	100 [220]	80 [21]
63.00mm [2 1/2"]	125 [275]	100 [26]
75.00mm [3"]	150 [330]	120 [32]
90.00mm [3 ½"]	175 [385]	140 [37]

Extraído de: (NTP 400.010, 2016)

4.5.3 Abrasión los Ángeles

a) **Equipos materiales:** Los materiales y equipos que se utilizaron en este ensayo fueron grava triturada, máquina de los ángeles, tamices, balanza de carga. Con



estos materiales se realizó el procedimiento del ensayo de la Abrasión de los Ángeles según el método B. De acuerdo a la NTP 400.019:2014 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. Donde el porcentaje de desgaste se determinó con la siguiente formula.

$$\text{Desgaste(\%)} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

P1: Peso muestra seca antes del ensayo (gr.)

P2: Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado antes sobre tamiz de 1.70 mm (malla N° 12) (gr.)

4.5.4 Caracterización de agregados para el diseño de concreto

4.5.4.1 Contenido de humedad

Se determino el contenido de humedad de los agregados de acuerdo a la NTP 339.185:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado. El procedimiento se ve detallado en la figura 4.

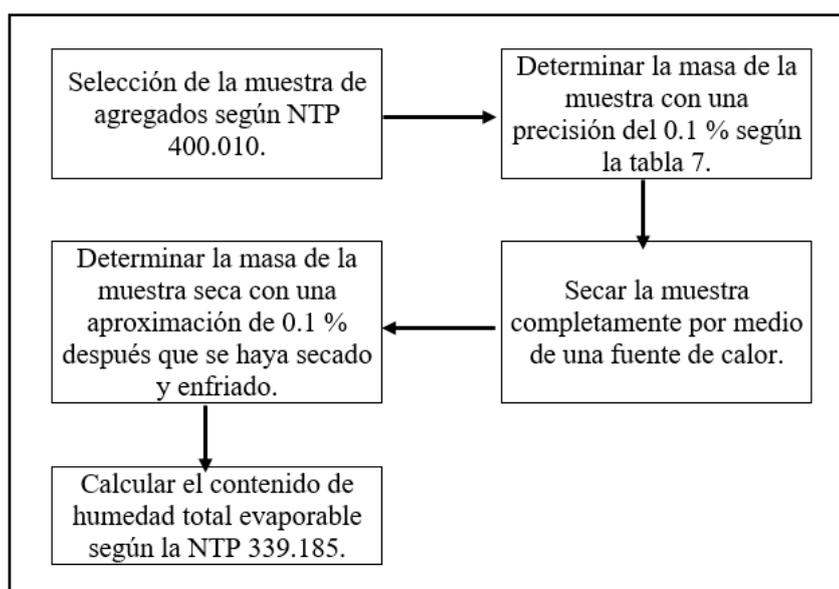


Figura 1 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del contenido de humedad



La determinación del contenido de humedad se realizó según la Norma Técnica Peruana 339.185 para esto se utilizó la siguiente formula:

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

P: Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje (%)

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos (gr)

D: Masa de la muestra seca en gramos (gr)

Tabla 7 — Cantidades mínimas recomendadas de partículas para un ensayo de contenido de humedad según NTP 339.185

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg.)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0.187) (No.4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
25,0 (1)	4,0
37,5 (1 1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0
150 (6)	50,0

Extraído de: Norma Técnica Peruana NTP 339.185

4.5.4.2 Estudio granulométrico

El procedimiento del análisis granulométrico se realizó de acuerdo a la NTP 400.012:2018 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.



El análisis granulométrico fue realizado al agregado fino y agregado grueso. Para el diseño de mezcla para lo cual se determinó los pesos retenidos en cada tamiz y con estos datos se calculó el porcentaje que pasa. Con estos datos se determinó el módulo de fineza, se dibujó la curva granulométrica final con los parámetros de clasificación en función a la tabla 9 y 10 y estos datos fueron los que se usaron en el diseño de mezcla. El procedimiento del análisis granulométrico lo vemos en la figura 5

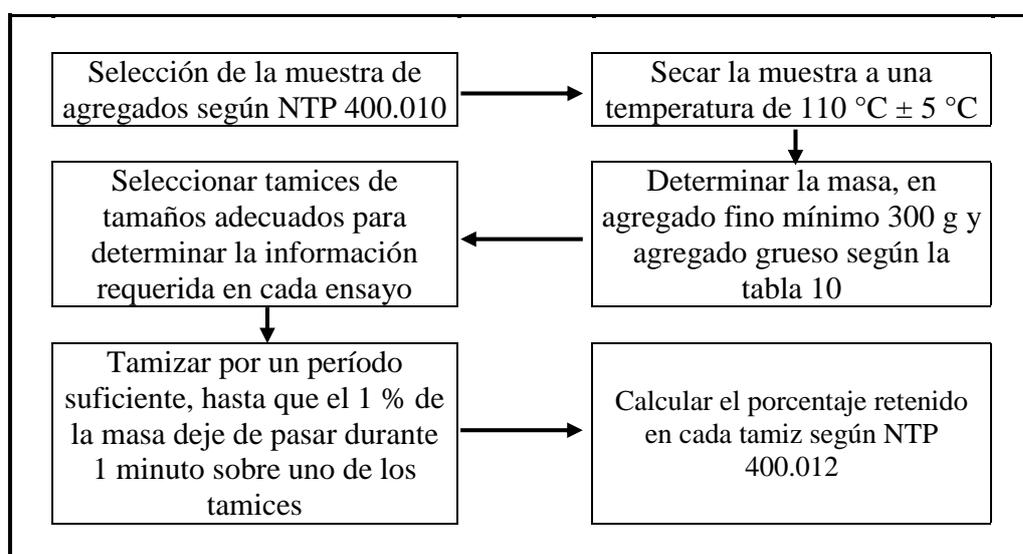


Figura 2 — Diagrama de flujo del proceso de análisis granulométrico de los agregados.

Tabla 8 — Límites de la clasificación del agregado fino

Tamiz (Especificación E. 11)	Porcentaje pasando (%)
9.5 mm (3/8 plg.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm. (N° 30)	25 a 60
300 µm. (N° 50)	5 a 30
150 µm. (N° 100)	0 a 10

Fuente: ASTM C33-03



Tabla 9 — Parámetros para la clasificación del agregado grueso

Número de tamaño	Tamaño nominal (tamiz con apertura cuadrada) (mm)	Cantidades más finas que cada tamiz en el laboratorio (apertura cuadrada), porcentaje de masa												
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 1/2 pulg)	25 mm (1 pulg)	19 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N°16)
1	90 a 37.5	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37.5	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 a 4.75	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 a 19	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 a 4.75	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 a 12.5	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
50	25 a 9.5	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 a 4.75	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19 a 9.5	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19 a 4.75	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 a 4.75	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 a 2.36	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 5	0 a 5

Extraído de: ASTM C33-03

Tabla 10 — Cantidad mínima de la muestra para un ensayo de agregado grueso

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas		Masa mínima de la muestra de ensayo
mm	Pulgada	Kg (lb)
9.5	3/8	1 (2)
12.5	1/2	2 (4)
19,0	3/4	5 (11)
25,0	1	10 (22)
37.5	1 1/2	15 (33)
50	2	20 (44)
63	2 1/2	35 (77)
75	3	60 (130)
90	3 1/2	100 (220)
100	4	150 (330)
125	5	300 (660)

Extraído de: NTP – 400.012 – 2013 (Revisado el 218)

a) Referencias normativas

- NTP 400.012 análisis granulométrico del agregado fino, grueso global
- ASTM C33-03 análisis granulométrico de los agregados



4.5.4.3 Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso

Se hizo de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 400.021:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. El procedimiento de la determinación del peso específico y absorción del agregado grueso lo vemos graficado en la figura 3.

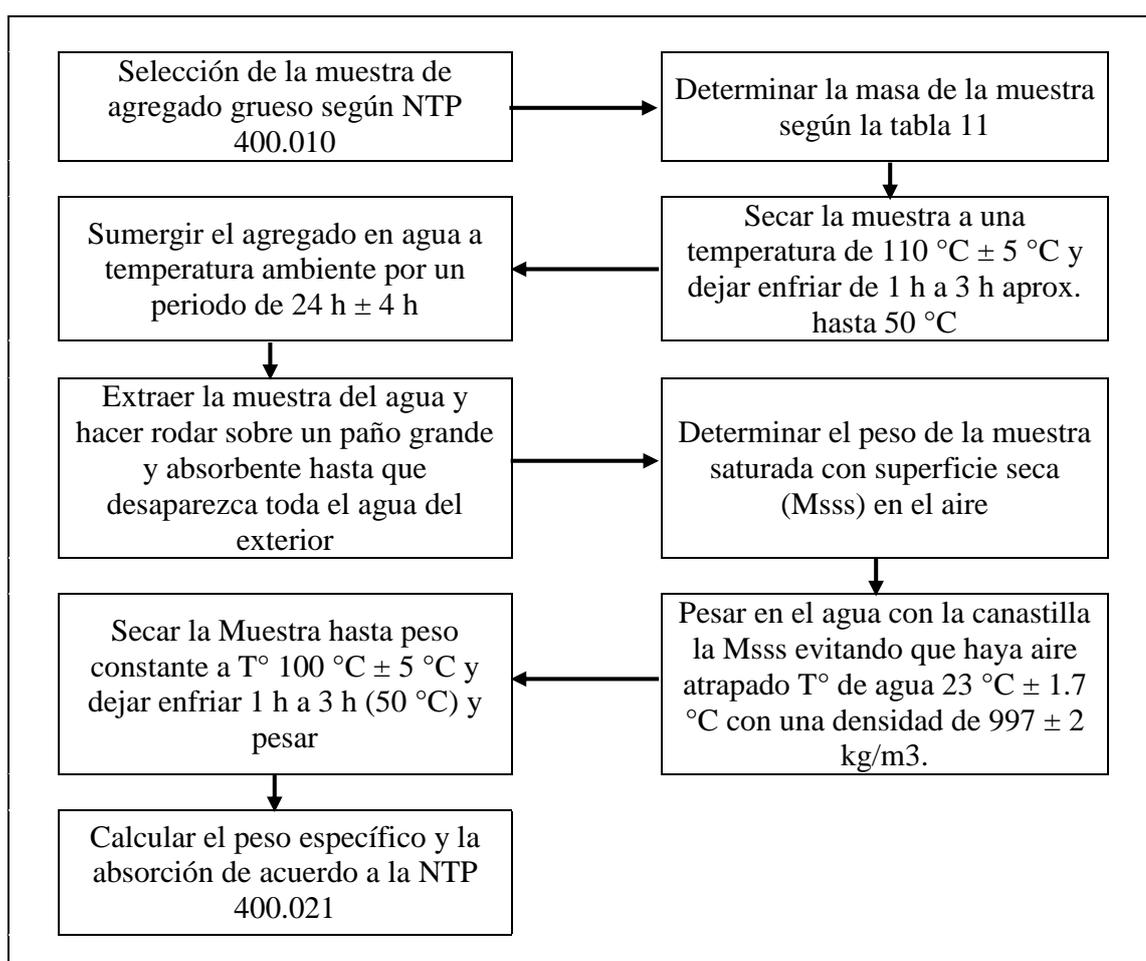


Figura 3 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.

Para la determinación del peso específico y absorción del agregado grueso según la Norma Técnica Peruana 400.021 se utilizó las siguientes formulas.

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \quad (3)$$



$$P_{e_{sss}} = \frac{B}{(A - C)} \quad (4)$$

$$P_{e_a} = \frac{A}{(A - C)} \quad (5)$$

$$Ab(\%) = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr.)

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.)

C: Peso en el agua de la muestra saturada

P_{em} : Peso específico de masa

$P_{e_{sss}}$: Peso específico de masa satura con superficie seca

P_{e_a} : Peso específico aparente

Ab: Absorción (%)

Tabla 11 — Peso mínimo de la muestra de ensayo

Tamaño máximo nominal de agregado		Peso mínimo de la muestra de ensayo	
(mm)	(pulg.)	(kg)	(lb)
12,5	½ o menos	2	4,4
19,0	¾	3	6,6
25,0	1	4	8,8
37,5	1 ½	5	11
50	2	8	18
63	2 ½	12	26
75	3	18	40
90	3 ½	25	55
100	4	40	88
125	5	75	165

Extraído de: NTP 400.021



4.5.4.4 Determinación del peso específico y absorción del agregado fino

Fue realizado de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 400.022:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Podemos ver un diagrama de flujo del procedimiento del análisis granulométrico graficado en la figura 7.

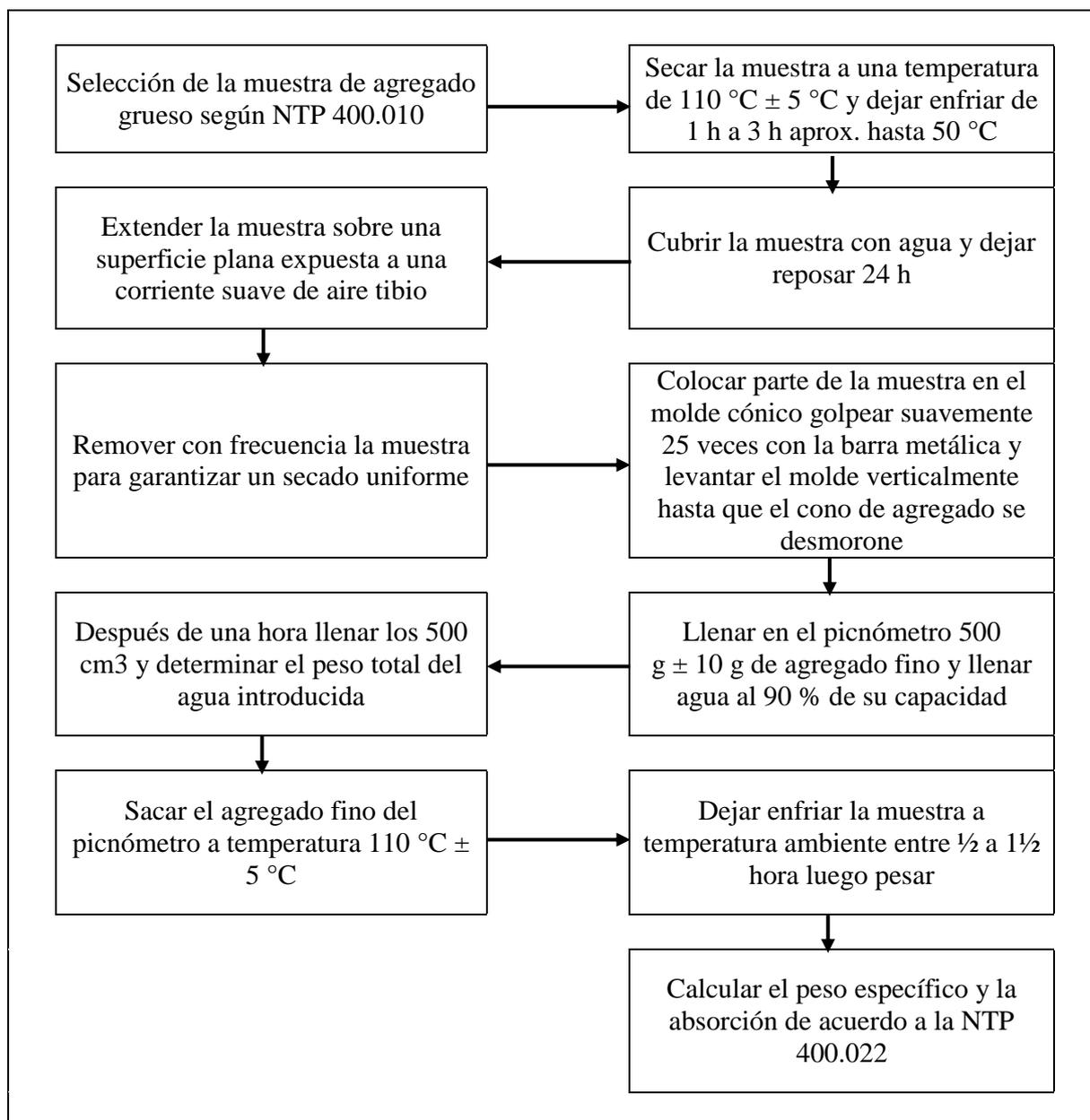


Figura 4 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del peso específico y absorción del agregado fino.

4.5.4.5 Peso unitario y vacíos de los agregados

Se hizo de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.017:2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Los procedimientos para determinar el peso unitario suelto y compactado se observan en las figuras 5 y 6.

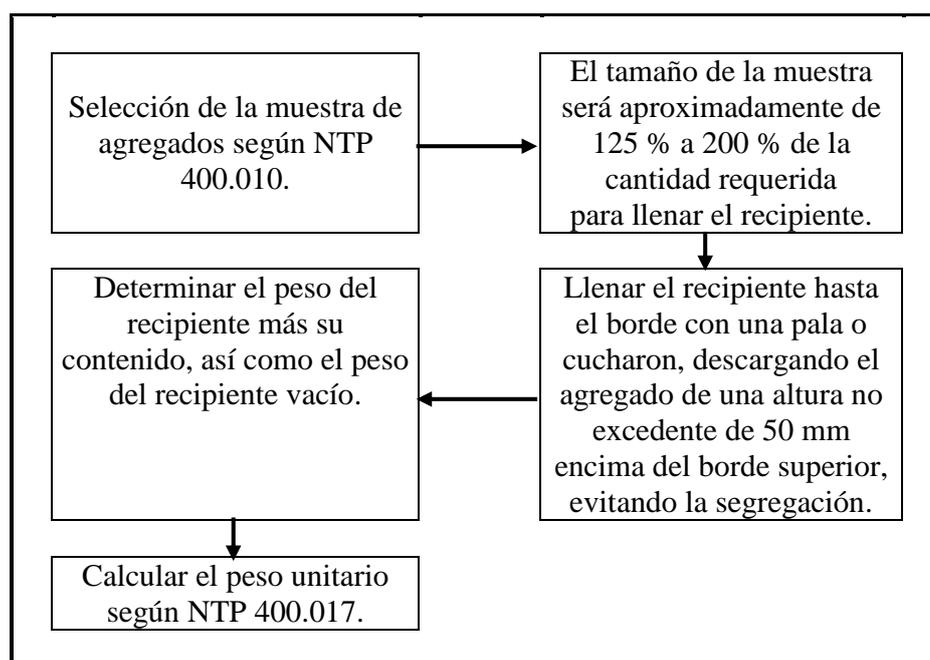


Figura 5 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del peso unitario suelto

Para la determinación del Peso unitario y vacíos de los agregados según la Norma Técnica Peruana 400.017, se utilizó la siguiente formulas

$$M = \frac{(G - T)}{V} \quad (7)$$

$$M = (G - T) \times F \quad (8)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{100 \times ((S \times W) - M)}{S \times W} \quad (9)$$



Donde:

M: Peso unitario del agregado en (kg/m^3)

G: Peso del recipiente de medida más el agregado en (kg)

T: Peso del recipiente de medida en (kg)

V: Volumen del recipiente de medida en (m^3)

F: Factor del recipiente de medida en (m^3)

M: Densidad de masa del agregado, (kg/m^3)

S: Gravedad específica de masa (Base seca) de conformidad con el método NTP 400.021 o con el método NTP 400.022

W: Densidad del agua, 998 (kg/m^3)

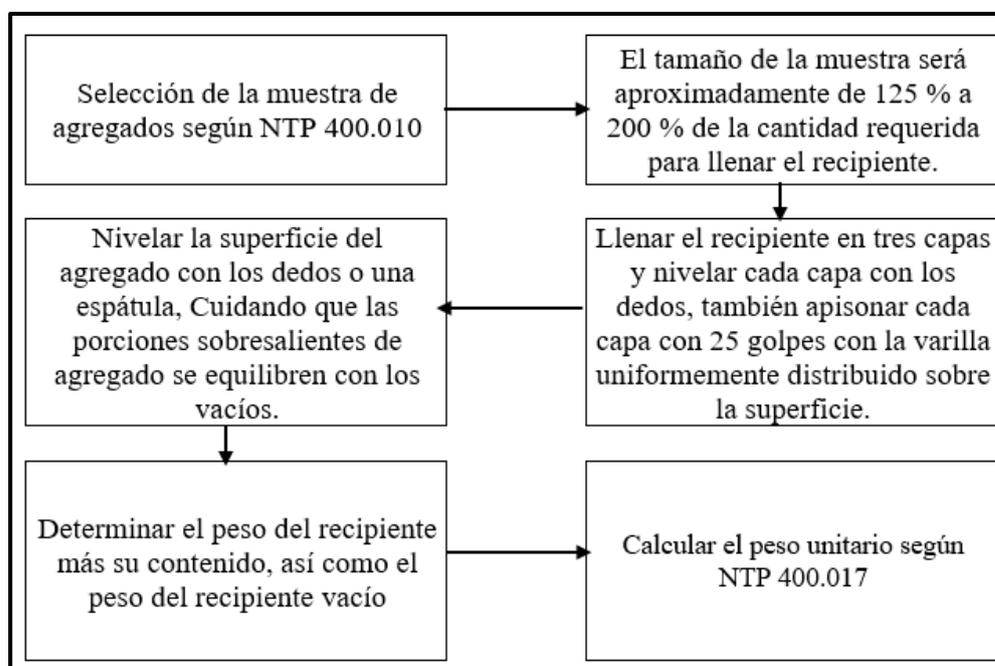


Figura 6 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del peso unitario compactado

4.5.5 Fibra de acero

La fibra de acero seleccionada para este estudio, fueron obtenidos de la empresa MACCAFERRI, considerando como un aditivo más para mejorar las propiedades del concreto, por lo que se escogió la fibra de acero Wirand FF3. Las características principales de las fibras de acero Wirand FF3 se pueden ver resumidas en la tabla 12



Tabla 12 — Características principales de las fibras de acero trefilado en frío Wirand FF3

Código la fibra	Clasificación de la fibra según proceso productivo	Material de producción	Resistencia a la tracción (Mpa)	Dimensiones			
				Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Relación de aspectos (L/d)	Número de elementos por kg de material (n°/kg)
Wirand FF1	Inorgánica	Alambre de acero bajo contenido de carbono trefilado en frío.	1100	50	10	50	3212
Wirand FF3	Inorgánica	Alambre de acero bajo contenido de carbono trefilado en frío.	1200	50	0.75	67	5710
Wirand FS1	Inorgánica	Alambre de acero bajo contenido de carbono trefilado en frío.	1200	37	0.55	67	14348
Wirand FS3N	Inorgánica	Alambre de acero bajo contenido de carbono trefilado en frío.	1200	33	0.75	44	8651
Wirand FS4N	Inorgánica	Alambre de acero bajo contenido de carbono trefilado en frío.	1200	33	0.6	55	13518
Wirand FS7	Inorgánica	Alambre de acero bajo contenido de carbono trefilado en frío.	1300	33	0.55	60	16087

Extraído de: MANUAL TÉCNICO MACCAFERRI fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón (p.25)

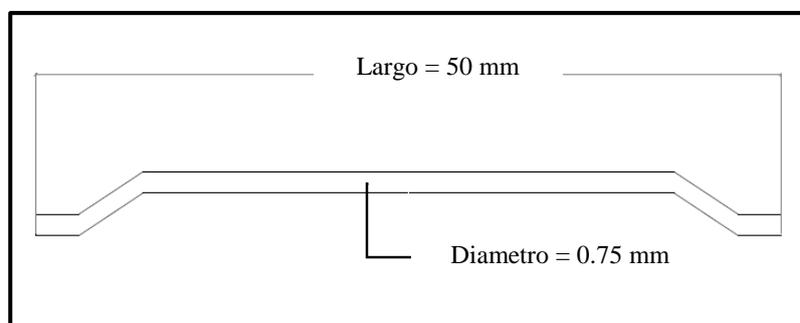


Figura 7 — Sección transversal de la fibra de acero trefilado Wirand FF3
Extraído de: Ficha técnica de Fibra Wirand FF3 (p.40)

4.5.6 Diseño de mezcla del concreto

para realizar el diseño de mezcla del concreto se escogió el método A.C.I. del comité 211.1 ya que este método se caracteriza por que el concreto resulta más trabajable, donde la consistencia del concreto es muy importante debido a que adicionaremos fibra de acero en el concreto, que reducirá la trabajabilidad. Los procedimientos para determinar diseño de mezcla del concreto se observan en la figura 8.

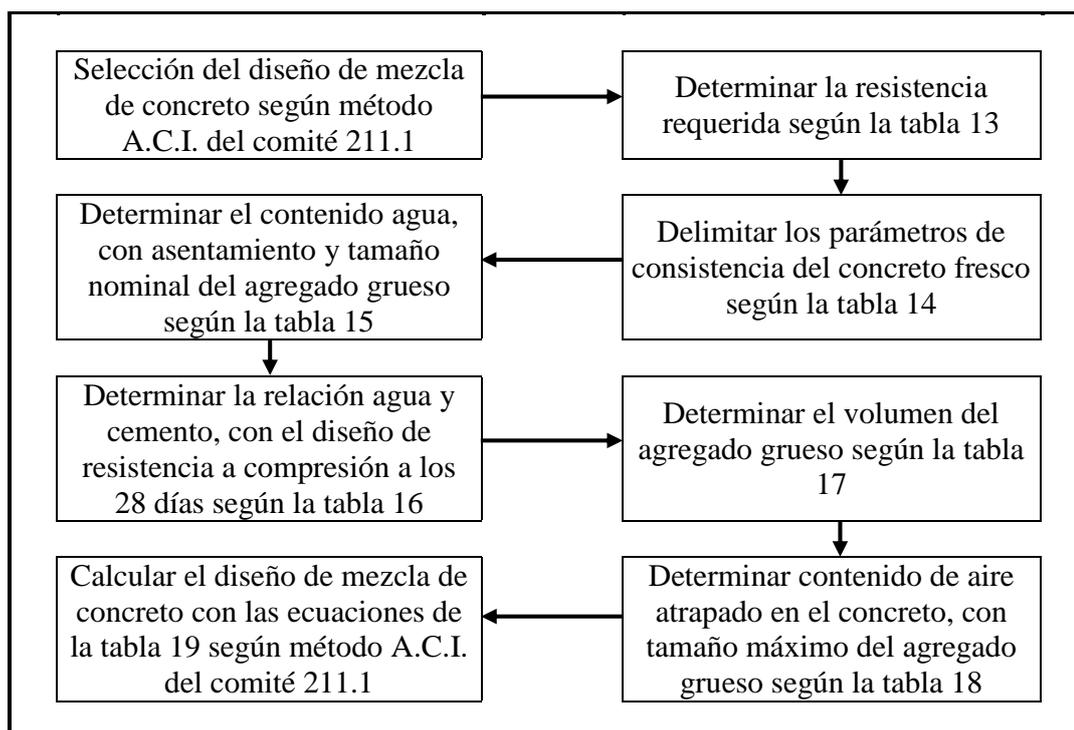


Figura 8 — Diagrama de flujo del proceso de determinación del diseño de mezcla del concreto

Tabla 13 — Resistencia requerida (F'_{cr}) del concreto cuando no hay datos disponibles de la desviación estándar "S" según el método ACI – 211.1

Resistencia f'_c (kg/cm ²)	Resistencia requerida f'_{cr} (kg/cm ²)
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Extraído de: (LAURA. H, 2006, P. 6) Instituto Salvadoreño del cemento y concreto

Tabla 14 — Parámetros básicos para determinar la consistencia del concreto fresco

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

Extraído de: consistencia y asentamiento (LAURA. H, 2006, P. 7)



Tabla 15 — Determinación de agua, en ltrs/m³, para los tamaños nominales

Asentamiento	Agua en ltrs/m ³ para los tamaños de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	....
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	....

Fuente: (Laura. H, 2006, p. 7)

Tabla 16 — Determinar la relación agua cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'cr) (kg/cm ²)	Relación agua - cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450.00	0.38	...
400.00	0.43	...
350.00	0.48	0.40
300.00	0.55	0.46
250.00	0.62	0.53
200.00	0.70	0.61
150.00	0.80	0.71

Extraído de: Relación agua cemento (LAURA. H, 2006, P. 7)

Determinación de la cantidad de cemento

$$R_{a/c} = \frac{A}{C} \quad C = \frac{A}{R_{a/c}} \quad (10)$$



Tabla 17 — Para determinar el volumen del de agregado grueso

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
	Módulo de fineza del agregado fino			
	2.40	2.40	2.40	3.00
3/8"	0.50	0.50	0.50	0.44
1/2"	0.59	0.59	0.59	0.53
3/4"	0.66	0.66	0.66	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 18 — Para determinar contenido de aire atrapado en el concreto

Tamaño máximo	Aire atrapado
3/8"	3 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Tabla 19 — Ecuaciones para los diferentes cálculos de diseño de mezcla

Cálculo de volumen absoluto del concreto de los materiales por m ³	Corrección por humedad
$\text{Volumen absoluto} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{P.E.} \cdot 1000}$	$\text{Peso} * \left(\frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right)$
Corrección por absorción	Agua efectiva
$\text{Peso seco} * \left(\frac{\% \text{ absorcion} - \% \text{ humedad}}{100} \right)$	Agua de diseño + Agua libre

4.5.7 Práctica normalizada en la elaboración de muestra de concreto fresco

4.5.7.1 Asentamiento

En el procedimiento del asentamiento se utilizaron aparatos como: moldes, barra compactadora, dispositivo de medida, cucharón. Según la NTP



4.5.7.2 Temperatura

Los aparatos que se utilizaron en este ensayo fueron como: recipiente y dispositivo para la medición de temperatura según la NTP 339.035:2002 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto). En la figura 11 y 12 podemos apreciar el diagrama de flujo del proceso de determinación de la temperatura en el hormigón

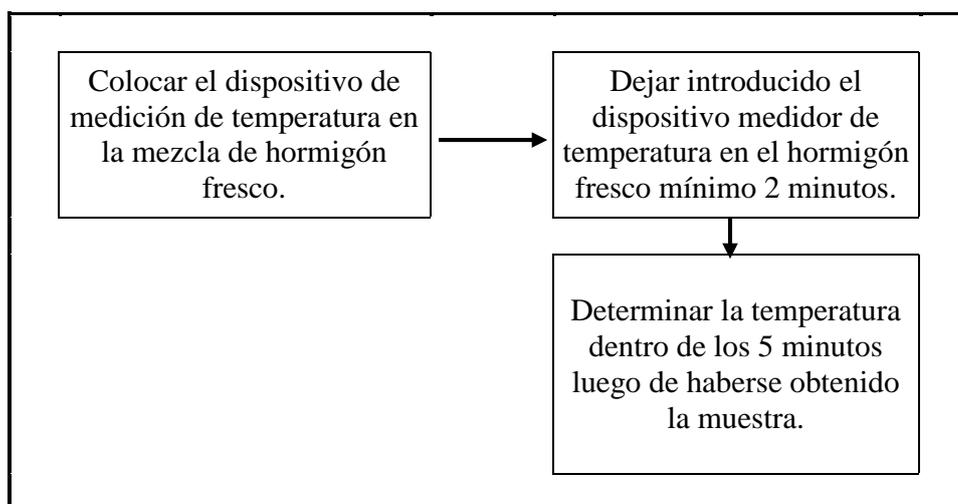


Figura 11 — Diagrama del proceso en la determinación de la temperatura del hormigón



Figura 12 — Determinación de la temperatura

4.5.7.3 Aire atrapado

Los aparatos que se utilizaron en este ensayo fueron como: medidor de aire según la figura 13, tazón, tapa, tubo pulverizador, paleta, varilla de apisonamiento, martillo de goma, barra de corte según la NTP 339.184. Con estas herramientas se determinó el aire atrapado en el concreto fresco. En la figura 16 podemos apreciar el diagrama de flujo del proceso de determinación del contenido de aire en el hormigón.

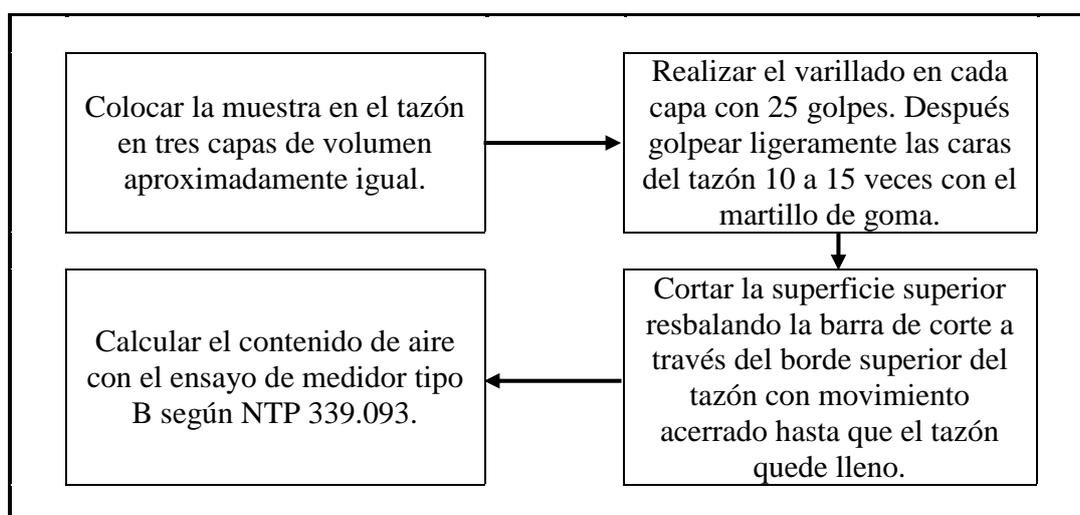


Figura 13 — Diagrama de flujo del proceso en la determinación del contenido de aire en el hormigón



Figura 14 — Ensayo del aire atrapado en el concreto

4.5.8 Práctica normalizada de los especímenes de concreto endurecido

El día del ensayo de hormigón fresco se formaron especímenes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para realizar el ensayo de resistencia a compresión y especímenes prismáticos de 15 x 15 x 45 cm para determinar el ensayo de resistencia a flexión.

4.5.8.1 Resistencia a la compresión

En esta práctica tuvimos en consideración el Comité (ACI 318 P.76) donde menciona que para “un ensayo de resistencia, debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 150 por 300 mm o de al menos tres probetas de 100 por 200 mm, preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días o a la edad establecida de ensayo para la determinación de f'_c .

Por lo cual preparamos tres especímenes para cada ensayo, por si algún resultado no coincide, para así poder tener al menos dos testigos, cumpliendo así el comité ACI 318, también decidimos evaluar la resistencia del hormigón a los 7, y 28 días, para los concretos con adición de 2 %, 4 % y 6 % de fibra de acero Wirand FF3, teniendo así tres testigos a moldear por cada diseño y para las diferentes edades que se ensayaron a la resistencia a compresión. Por lo tanto, evaluamos el efecto de agregar la fibra de acero en el hormigón. Como indicamos anteriormente, que para la determinación de las propiedades mecánicas del concreto teníamos que ensayar el concreto de acuerdo a la adición de la fibra de acero en cada diseño para analizar el efecto de la adición en los diferentes diseños.

Para la elaboración de los testigos cilíndricos, y el curado de los mismos tuvimos presente la NTP 339.033 CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. En la elaboración de los testigos debemos colocar el concreto en el molde en tres capas y compactar con la varilla mediante 25 golpes, y con el martillo de goma, dar de 10 a 15 golpes laterales para eliminar el aire atrapado en el concreto. Después de la elaboración de los testigos, se desmoldó en un plazo



entre 20 hrs. y 48 hrs y colocamos éstos en la poza de curado con agua saturada, esto podemos visualizar en la figura 15.



Figura 15 — Elaboración y curado de muestras cilíndricas

Para el ensayo de la resistencia a compresión se realizó según el procedimiento descrito en la NTP 339.034:2015 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a compresión del concreto en muestras cilíndricas, lo cual podemos visualizar en la foto 16.



Figura 16 — Determinación de la resistencia a compresión

4.5.8.2 Resistencia a la flexión

Para realizar este ensayo procedimos según la Norma Técnica Peruana 339.078:2012 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. De acuerdo a esta norma la longitud de la luz entre los apoyos debe de ser el triple de la altura del testigo (viga), para nuestro caso la altura de la viga (h) fue 15 cm, por lo tanto, la luz (L) fue de 45 cm. Como mencionamos anteriormente, moldeamos y curamos testigos prismáticos teniendo en cuenta las indicaciones de la norma NTP 339.033:2015 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Las dimensiones de los testigos prismáticos o vigas fueron de 15 x 15 x 45 cm. Los testigos de concretos con adición 2 %, 4 % y 6 % de fibra de acero Wirand FF3 permanecieron en la poza de curado por 14 y 28 días, para su respectivo ensayo, lo cual podemos observar en las figura 17.

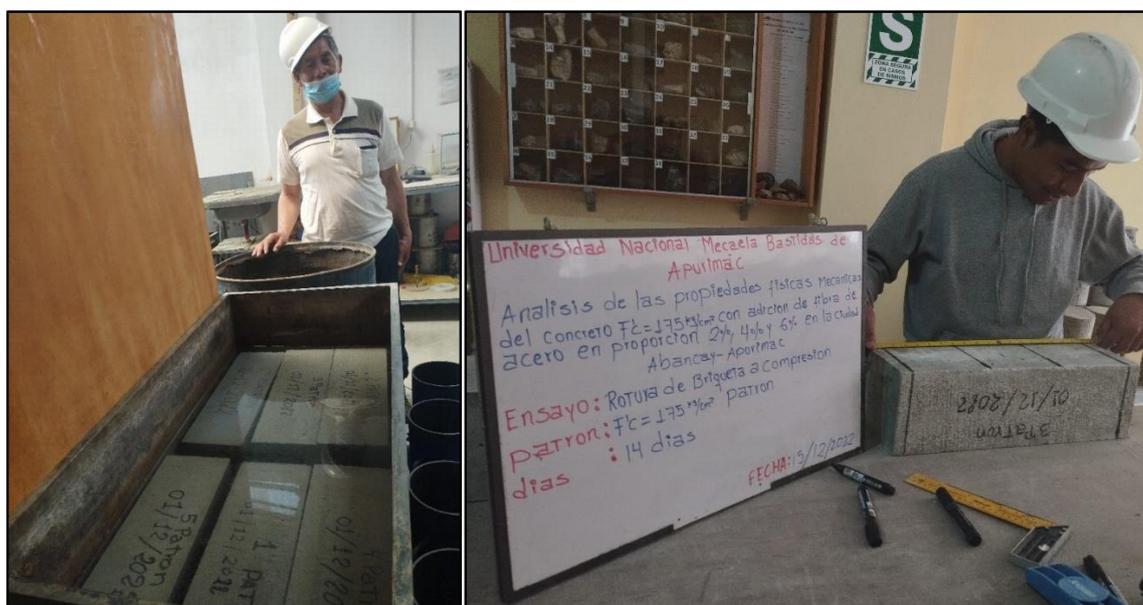


Figura 17 — Proceso de curado y procedimiento del ensayo

Durante los ensayos de los testigos, se observó la falla instantánea de las vigas de concreto sin fibras de acero. En el caso de las vigas con fibras de acero, se apreció que cuando apareció la primera fisura, la máquina de

ensayo dejó de medir la carga aplicada. Durante la prueba observamos el comportamiento dúctil del concreto, el efecto de agregar fibras de acero al concreto ordinario. En el caso de las vigas elaboradas con concreto ordinario, se obtuvieron el módulo de rotura, cuando el concreto falló, mientras que en los especímenes de las vigas de concreto elaboradas con adición de fibras de acero, sólo pudimos obtener la resistencia del concreto hasta la primera fisura, como se muestra en la figura 18



Figura 18 — Falla frágil y fisuración de los testigos prismáticos

Con las siguientes ecuaciones se determinó el módulo de rotura.

- Si la falla ocurre dentro del tercio medio, la expresión para obtener el módulo de rotura usamos la expresión:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2} \quad (11)$$

Donde:

Mr: Es el módulo de rotura, en MPa.

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

L: Es la luz libre entre apoyos, en 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.

Pero, si la falla es fuera del tercio medio, y a una distancia de este no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de rotura se calculará con la siguiente formula:

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2} \quad (12)$$

a: Es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm.

4.6 Técnicas e instrumentos

En la presente investigación se utilizó la observación (Arias, 2012) que es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos. (p.69)

Se utilizó como instrumentos, un equipo electrónico como: laptop, calculadora, balanza electrónica, horno y la prensa hidráulica, también equipos mecánicos mezcladora, tamices, briquetas, cono de Abrams y otros materiales.

4.7 Análisis estadístico

El análisis de datos estadísticos en esta investigación del concreto con adición de fibra de acero se realizó a través de los programas de Microsoft Excel, donde los datos cuantitativos adquiridos de los ensayos en laboratorio se procesó en cuadros estadísticos, en el análisis estadístico descriptivo se utilizó todas las herramientas que nos brinda el programa de Microsoft Excel como la distribución de frecuencias, porcentajes simples y acumuladas así se representaron los análisis estadísticos a través de gráficos, histogramas y gráficos de líneas para la descripción de los resultados y su interpretación.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de resultados

En el análisis de los resultados tenemos la cuantificación de los ensayos realizados en campo, laboratorio y gabinete, con respecto a los problemas planteados en la investigación. Presentamos el desarrollo detallado del análisis de resultados de la determinación de las propiedades y mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac.

5.1.1 Resultados de la caracterización de los agregados

5.1.1.1 Resultados de humedad natural de los agregados

El ensayo del contenido de humedad natural, se realizó para determinar el porcentaje del contenido de humedad natural del agregado fino y grueso, para lo cual se realizó dos ensayos para cada agregado en apego a NTP 339.185, donde el resultado fue de 0.91 % de humedad natural para el agregado fino y 0.12 % de humedad natural para el agregado grueso tal como lo indica la tabla 20 y 21

Tabla 20 — Determinación de humedad natural de agregado fino

Determinación de humedad natural de agregado fino		
N° de ensayo	1	2
Nro. de tara	T - 01	T - 03
Peso tara + suelo húmedo gr.	1441.1	1388.3
Peso tara + suelo seco gr.	1429.1	1377.0
Peso de la tara gr.	119.4	118.2
Peso del agua gr.	12.0	11.3
Peso suelo seco gr.	1309.70	1258.8
Húmedo %	0.92	0.90
Humedad natural promedio %	0.91	

Tabla 21 — Determinación de humedad natural de agregado grueso

Determinación de la humedad natural de agregado grueso		
N° de ensayo	1	2
Nro. de tara	T - 01	T - 02
Peso tara + suelo húmedo gr.	1345.2	1380.1
Peso tara + suelo seco gr.	1343.5	1378.8
Peso de la tara gr.	119.4	110.1
Peso del agua gr.	1.7	1.3
Peso suelo seco gr.	1224.10	1268.7
Humedad %	0.14	0.10
Humedad natural promedio %	0.12	

5.1.1.2 Resultados del estudio granulométrico

El resultado del análisis granulométrico de los agregados fue realizado de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.012, en la siguiente tabla 22 y 23, nos indica los resultados del estudio granulométrico y la curva del agregado fino y grueso, de estos resultados se determina que está dentro de los límites admisibles que estipula la norma.

Tabla 22 — Resultado de análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino								
Tamiz N° (A.S.T.M.)	Abertura en (mm)	Peso retenido (gr.)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	% L. mínimo	% L. máximo	Descripción de la muestra
3/8	9.5	----	----	100	100	100	100	
N° 4	4.76	42.8	4.2	4.2	95.8	95	100	Tamaño máximo: 3/8"
N° 8	2.38	148.1	14.7	18.9	81.1	80	100	
N° 16	1.19	225.2	22.3	41.2	58.8	50	85	
N° 30	0.59	235.4	23.3	64.5	35.5	25	60	Peso total (gr.): 1010.5
N° 50	0.30	156.8	15.5	80.0	20.0	10	30	
N° 100	0.15	117.5	11.6	91.6	8.4	2	10	Módulo de fineza: 3.00
N° 200	0.07	39.7	3.9	95.5	4.5			

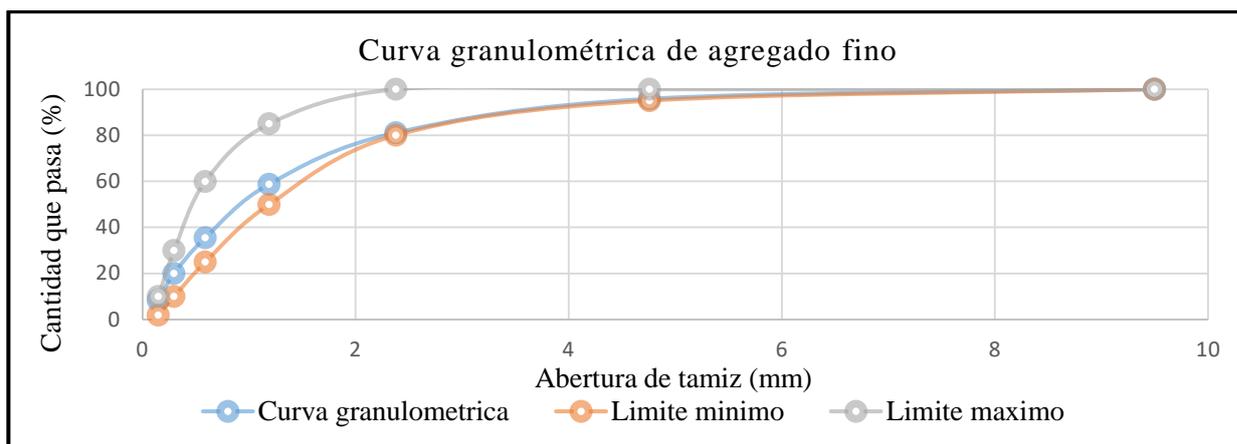


Figura 19 — Curva granulométrica de agregado fino de la cantera Murillo

Tabla 23 — Análisis Granulométrico por tamizado del agregado grueso

Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso								
Tamiz	Abertura en (mm)	Peso retenido (gr.)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	% L. mínimo	% L. máximo	Descripción de la muestra
2 1/2"	63.500						-	Tamaño máximo: 3/4"
2"	50.800						-	
1 1/2"	38.100						-	Tamaño máximo nominal: 1/2"
1"	25.400						-	
3/4"	19.050				100.0	100	100	Peso total (gr.): 6581
1/2"	12.700	500.0	7.6	7.6	92.4	90	100	
3/8"	9.525	2515.0	38.2	45.8	54.2	40	70	
Nº 4	4.760	2921.0	44.4	90.2	9.8	0	15	
Nº 8	2.360	600.0	9.1	99.3	0.7	0	5	
< Nº 8	Fondo	45.0	0.7	100.0	0.0			

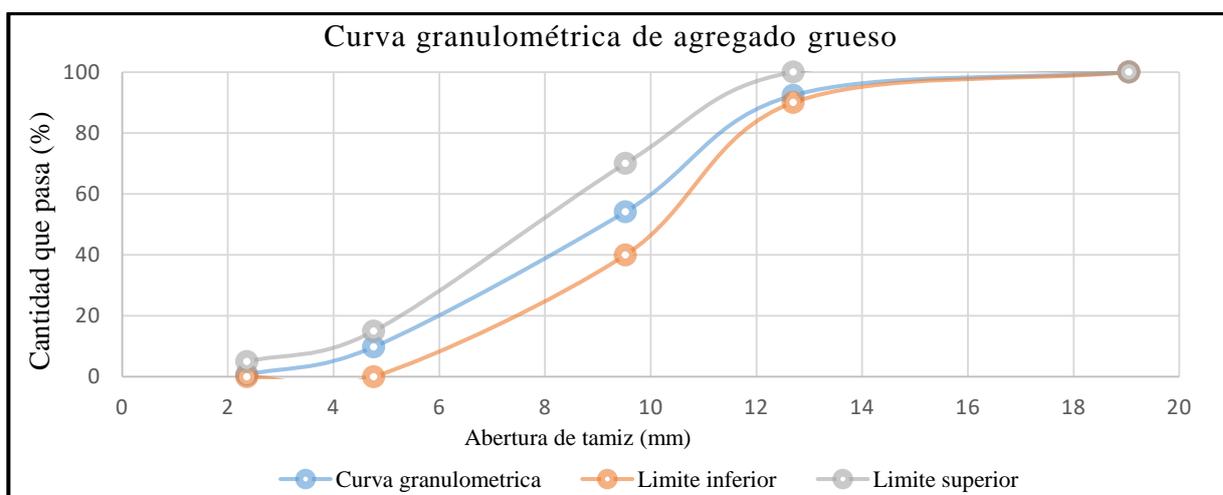


Figura 20 — Curva granulométrica de agregado grueso

5.1.1.3 Resultados del peso unitario y vacíos de los agregados

Los resultados obtenidos del peso unitario y vacío de los agregados después de haber realizado el ensayo de acuerdo a la NTP 400.017 de los agregados se muestran en la tabla 24 y 25.

Tabla 24 — Resultados del peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Peso unitario de agregado fino				
Datos de la muestra				
Agregado fino		Peso unitario suelto		
N° de ensayo		1	2	3
Peso material + Molde	(gr.)	16716	16742	16747
Peso de molde	(gr.)	8691	8691	8691
Peso neto de material	(gr.)	8025	8051	8056
Volumen del molde	(cm ³)	4871	4871	4871
Peso unitario suelto	(gr/cm ³)	1.648	1.653	1.654
Promedio de peso unitario	(gr/cm ³)	1.651		
Agregado fino		Peso unitario compactado		
N° de ensayo		1	2	3
Peso material + Molde	(gr.)	17812	17787	17742
Peso de molde	(gr.)	8691	8691	8691
Peso neto de material	(gr.)	9121	9096	9051
Volumen del molde	(cm ³)	4871	4871	4871
Peso unitario compactado	(gr/cm ³)	1.873	1.867	1.858
Promedio de peso unitario	(gr/cm ³)	1.866		

Tabla 25 — Resultados del peso unitario suelto y compactado de agregado grueso

Peso unitario de agregado grueso				
Agregado grueso		Peso unitario suelto		
N° de ensayo		1	2	3
Peso material + molde	(gr.)	28091	27920	28115
Peso de molde	(gr.)	8153	8153	8153
Peso neto de material	(gr.)	19938	19767	19962
Volumen del molde	(cm ³)	14076	14076	14076
Peso unitario suelto	(gr/cm ³)	1.416	1.404	1.418
Promedio de peso unitario	(gr/cm ³)	1.413		
Agregado grueso		Peso unitario compactado		
N° de ensayo		1	2	3
Peso material + molde	(gr.)	29348	29609	29416
Peso de molde	(gr.)	8153	8153	8153
Peso neto de material	(gr.)	21195	21456	21263
Volumen del molde	(cm ³)	14076	14076	14076
Peso unitario compactado	(gr/cm ³)	1.506	1.524	1.511
Promedio de peso unitario	(gr/cm ³)	1.514		

5.1.1.4 Resultado del peso específico y absorción del agregado fino

Los resultados obtenidos del ensayo, de acuerdo a la NTP 400.022 de las muestras del agregado fino, podemos visualizarlos en la tabla 26

Tabla 26 — Gravedad específica y absorción del agregado fino de la cantera Murillo

Peso específico y absorción de los agregados				
Agregado fino				
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	500.0	500.0	
B	Peso frasco + agua (gr)	722.6	712.3	
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1222.6	1212.3	
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	1035.8	1025.3	
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm ³)	186.8	187	
F	Peso de material seco en estufa (105 °C) (gr)	493.8	493.5	
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm ³)	180.6	180.5	Promedio
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.643	2.639	2.641
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.677	2.674	2.675
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.734	2.734	2.734
	% de absorción = ((A - F) / F) * 100	1.256	1.317	1.286

5.1.1.5 Resultado del peso específico y absorción del agregado grueso

Los resultados obtenidos después de haber realizado el ensayo de acuerdo a la NTP 400.021, de las muestras del agregado grueso, los podemos observar en la tabla 27.

Tabla 27 — Gravedad específica y absorción del agregado grueso de la cantera Murillo

Gravedad específica y absorción de los agregados				
Agregado grueso				
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1517.5	1806.0	
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	958.4	1144.0	
C	Volumen de masa + Volumen de vacíos = A-B (cm ³)	559.1	662.0	
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	1507.1	1793.9	
E	Volumen de masa = C- (A - D) (cm ³)	548.7	649.9	Promedio
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.696	2.710	2.703
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.714	2.728	2.721
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.747	2.760	2.753
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.690	0.675	0.682

5.1.1.6 Resultados del ensayo de abrasión de los ángeles del agregado grueso

Los resultados obtenidos después de haber realizado el ensayo el desgaste del agregado de acuerdo a la NTP 400.019, de las muestras del agregado grueso, los podemos observar en la tabla 28.

Tabla 28 — Abrasión los ángeles del agregado grueso de la cantera Murillo

Abrasión los ángeles	
Muestra	1
Gradación	"B"
N.º de esferas	11
Tamiz (N.º)	Peso retenido (grs.)
1"	
3/4"	
1/2"	2,501
3/8"	2,500
Peso total	5,001
Material retenido tamiz N.º 12	3,934
Material pasante tamiz N.º 12	1,067
Porcentaje de desgaste %	21.3

5.1.2 Resultados del procedimiento del diseño de mezcla método ACI 211.1

Se diseño una mezcla de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ se realizó con los datos obtenidos de la caracterización de los agregados como se muestra en la tabla 29, para esta mezcla se utilizó cemento Portland Sol Tipo I con un peso específico de 3.15 gr/cm^3 .

Tabla 29 — Resultados de la caracterización de los agregados

Descripción	Arena	Piedra
Peso unitario suelto	651 kg/cm ²	1413 kg/cm ²
Peso unitario compactado	866 kg/cm ²	1514 kg/cm ²
Peso específico de la masa	2.641	2.703
Contenido de humedad (%)	0.91	0.12
Porcentaje de absorción (%)	0.68	1.29
Módulo de fineza	3	.....
tamaño máximo nominal	.....	1/2"
Tamaño máximo	.....	3/4"



Paso 1°: Determinar la resistencia promedio para el diseño $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a través de la tabla 13.

$$F'cr = F'c + 70$$

$$F'cr = 175 + 70$$

$$F'cr = 245 \text{ Kg/cm}^2$$

Paso 2°: Determinar el asentamiento recomendados para varios tipos de consistencia a través de la tabla 14, donde se considera como una mezcla plástica cuyo asentamiento adecuado es 3 a 4 pulg.

Paso 3°: La relación agua cemento y resistencia a la compresión del concreto con el $f'cr = 245 \text{ Kg/cm}^2$, buscamos en la tabla 16 su valor correspondiente:

$F'cr$	a/c
--------	-----

250	0.62
-----	------

245	X
-----	---

200	0.70
-----	------

Interpolando obtenemos

$$\frac{(250 - 200)}{(245 - 200)} = \frac{(0.62 - 0.70)}{(x - 0.70)} \Rightarrow \frac{(50)}{(45)} = \frac{(-0.08)}{(x - 0.70)}$$

$$x - 0.70 = \frac{45 * (-0.08)}{(50)} \Rightarrow x = 0.072 - 0.70$$

$$x = 0.628 \Rightarrow x = 0.628 = Ra/c$$

Paso 4°: Cálculo de la cantidad de agua de mezclado y aire se considerará a través de la tabla 15, y se considera 216 Lt/m^3 de agua de mezclado.

Paso 5°: Se determino el cemento a través de la relación agua cemento según tabla 16



$$Ra/c = \frac{a}{c} \Rightarrow c = \frac{a}{Ra/c} \Rightarrow c = \frac{216}{0.628} \Rightarrow c = 343.949 \text{ kg/m}^3$$

Paso 6º: Cálculo del aire atrapado a través de la tabla 18, también considerar como el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de ½” se considera el aire atrapado de 2.5 %

Paso 7º: Determinar la cantidad de agregado grueso mediante la tabla 17, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Volumen del agregado grueso } X = 0.60$$

$$\text{Peso unitario compactado seco} = 0.60 * 1514$$

$$\text{Peso unitario compactado seco} = 802.42 \text{ kg}$$

Paso 8º: Cálculo del volumen absoluto de concreto para hallar el agregado fino de los materiales por m³

$$\text{Volumen absoluto} = \frac{\text{Volumen absoluto}}{P.E.* 1000}$$

$$\text{Cemento} = \frac{343.949}{3.15 * 1000} 0.109 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. grueso} = \frac{802.42}{2.703 * 1000} 0.297 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{216}{1000} 0.216 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{2.5}{100} 0.025 \text{ m}^3$$

$$\Sigma(0.647 \text{ m}^3)$$

$$\text{Volumen absoluto del ag. fino} = 1 - 0.647 = 0.353 \text{ m}^3$$



Peso seco agregado fino = 932.273 kg

Peso seco agregado grueso = 802.42 kg

Peso del cemento = 343.949 kg

Peso del agua = 216 kg

Paso 9º: Corrección por humedad

$$\text{Peso} \left(\frac{\% \text{ Humedad}}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Ag. fino} = 932.273 \left(\frac{0.91}{100} + 1 \right) = 940.76 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. grueso} = 802.42 \left(\frac{0.12}{100} + 1 \right) = 803.38 \text{ kg}$$

Paso 10º: Corrección por absorción

$$\text{Peso seco} \left(\frac{\% \text{ Absorción} - \% \text{ Humedad}}{100} \right)$$

$$\text{Ag. fino} = 932.273 \left(\frac{1.286 - 0.91}{100} \right) = 3.50$$

$$\text{Ag. grueso} = 802.42 \left(\frac{0.682 - 0.12}{100} \right) = 4.51$$

$$\Sigma = 8.01 \text{ agua libre}$$

Paso 11º: Agua efectiva

$$\text{Agua de diseño} + \text{agua libre} = 216 + 8.01 = 224.01 \text{ Lt/m}^3 \text{ agua efectiva}$$

Paso 12º: Diseño teórico húmedo

$$\text{Ra/c} = \left(\frac{a}{c} \right) \Rightarrow 0.628 = \frac{224.01}{c} \Rightarrow c = 356.70 \text{ kg/m}^3$$



Tabla 30 — Proporción de elementos para la mezcla de concreto según método ACI 211.1

Cemento	Ag. fino	Ag. grueso	Agua
356.70	940.76	803.38	224.01
<u>356.70</u>	<u>356.70</u>	<u>356.70</u>	<u>356.70</u>
1	2.64	2.25	0.63
42.5*(1)	42.5*(2.64)	42.5*(2.25)	42.5*(0.63)
42.5 kg	112.2 kg	95.6 kg	26.78 lts

5.1.3 Elaboración de la mezcla

La elaboración de la mezcla de concreto se realizó con los resultados del diseño ACI 211.1 y la adición de la fibra de acero se incorporó respecto al porcentaje del peso total de la mezcla como se muestra en la tabla 31

Tabla 31 — Dosificación de materiales para tres muestras prismáticos y probetas de concreto

Materiales	Unidad	Para tres muestras prismáticos	Para tres muestras de probetas
Cemento	Kg	15.168	6.396
Agregado grueso	Kg	33.424	14.097
Agregado fino	Kg	43.45	15.33
Agua	Lts	9.875	4.164
Fibra de acero 2 %	Kg	2.038	0.800
Fibra de acero 4 %	Kg	4.077	1.599
Fibra de acero 6 %	Kg	6.115	2.399



Figura 21 — Dosificación y elaboración de las muestras

5.1.4 Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco

5.1.4.1 Temperatura

Los datos y resultados obtenidos de los ensayos de la temperatura los podemos observar en la tabla 32

Tabla 32 — Temperatura del concreto fresco sin fibra y con fibra de acero

Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	Temperatura del concreto fresco ($^{\circ}\text{C}$)
Sin fibra de acero	25.9
Con 2 % de fibra de acero	24.8
Con 4 % de fibra de acero	24.7
Con 6 % de fibra de acero	24.6

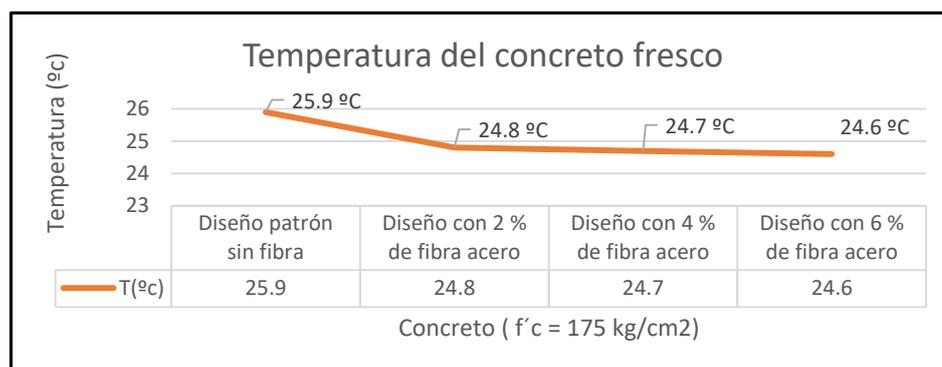


Figura 22 — Comportamiento de la temperatura del concreto fresco sin/con fibra de acero



Figura 23 — Control de temperatura en el concreto en su estado fresco sin/con fibra de acero

5.1.4.2 Asentamiento

Los resultados del ensayo de asentamiento los podemos observar en la tabla 33 y la comparación del comportamiento en la figura 24.

Tabla 33 — Resultados del ensayo del asentamiento de concreto fresco con/sin fibra de acero

Ensayo del concreto fresco asentamiento (Slump)				
N° de ensayos	Primer ensayo	Segundo ensayo	Tercer ensayo	Promedio
Asentamiento del concreto sin fibra de acero	9.53 cm	9.62 cm	9.44 cm	9.53 cm
Asentamiento con adición de 2% de fibra de acero	6.99 cm	6.80 cm	7.14 cm	6.98 cm
Asentamiento con adición de 4% de fibra de acero	3.81 cm	3.56 cm	3.98 cm	3.78 cm
Asentamiento con adición de 6% de fibra de acero	1.91 cm	1.74 cm	2.04 cm	1.9 cm

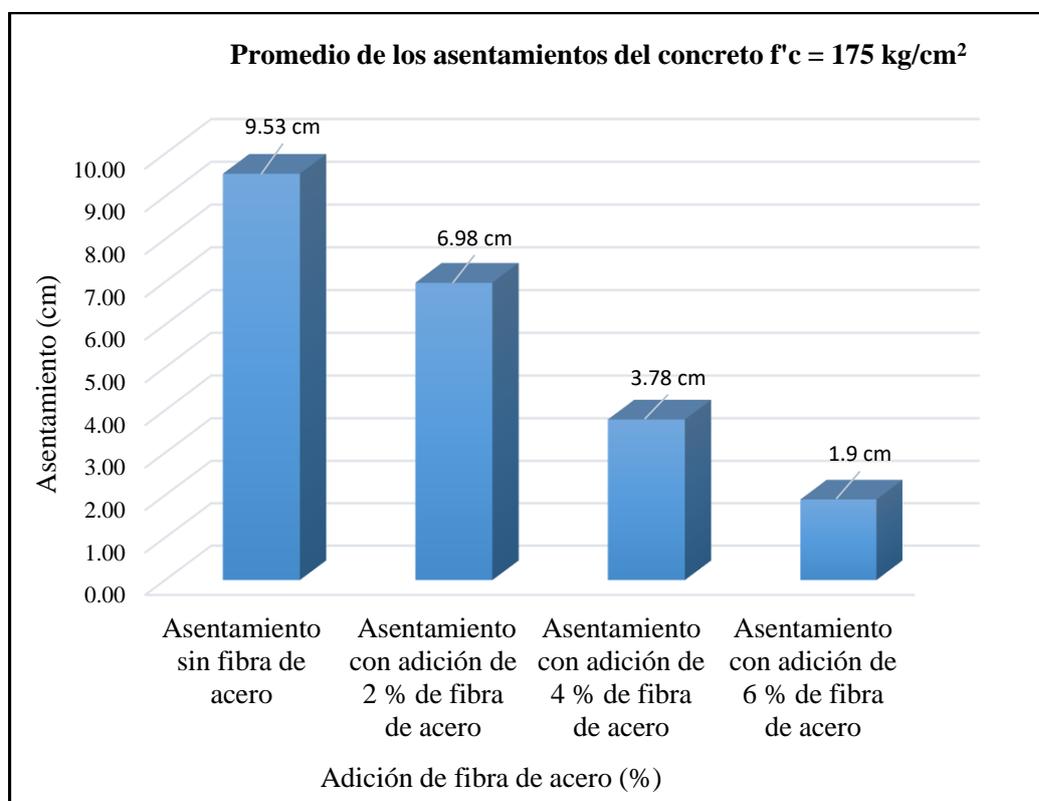


Figura 24 — Asentamiento del concreto fresco sin/con fibra de acero (Slump)



5.1.4.3 Ensayo de aire atrapado en concreto fresco

Los resultados del contenido de aire en los diferentes diseños con adición de fibra de acero y sin adición de fibra de acero se observa en la tabla 34. En la figura 25 podemos observar el comportamiento del contenido de aire en el concreto fresco.

Tabla 34 — Resultados del porcentaje del aire atrapado en el concreto fresco

Muestra	% de aire atrapado
Diseño del concreto sin Fibra de acero	2.20
Diseño del concreto con 2% de Fibra acero	2.60
Diseño del concreto con 4% de Fibra acero	2.90
Diseño del concreto con 6% de Fibra acero	3.20

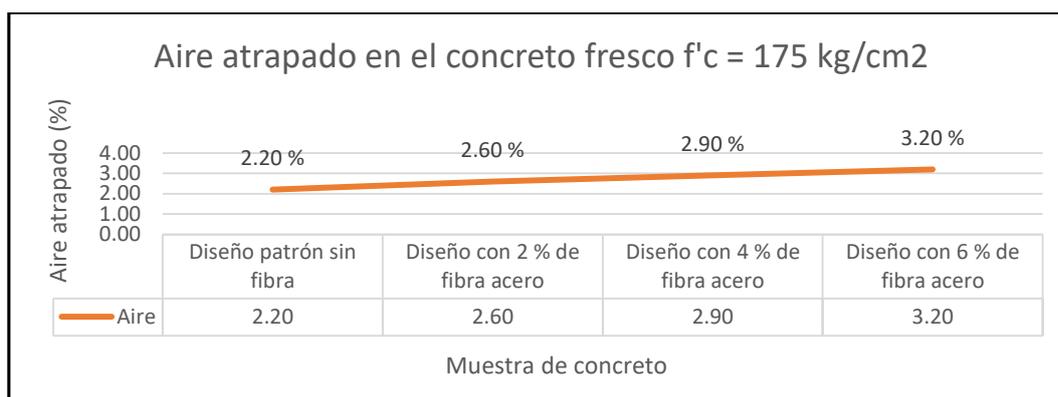


Figura 25 — Comportamiento del contenido de aire atrapado en el concreto fresco



Figura 26 — Ensayo del aire atrapado en el concreto con olla de Washington

5.1.5 Resultados de los ensayos del concreto en estado endurecido

5.1.5.1 Resistencia a la compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 0 %, 2 %, 4 % y 6% de fibra de acero según NTP 339.034

Tabla 35 — Resultado a compresión con 0 % de adición de fibra de acero a la edad de 7, 14 y 28 días

N° de serie	N° de testigos por muestra	Resistencia especificada (kg/cm ²)	Elementos	Adición en (%)	Fecha de ensayo		Edad (días)	Slump (Pulg.)	Área de testigo (cm ²)	Carga sometida		Resistencia alcanzada			Peso de las briquetas
					Moldeo (día)	Rotura (día)				Lectura dial (KN)	Lectura corregida (kg.)	Resistencia alcanzada (kg/cm ²)	Resistencia porcentual (%)	Resistencia promedio (%)	
1	1	175	Diseño de patrón	0	30/11/2022	07/12/2022	7	3 3/4	185.0	299.54	30544.6	165.11	94	97.1	13.165
	30/11/2022				07/12/2022	3 3/4		184.8	309.51	31561.2	170.79	98	13.100		
	30/11/2022				07/12/2022	3 3/4		181.5	309.64	31574.5	173.96	99	13.009		
2	4	175	Diseño de patrón	0	30/11/2022	14/12/2022	14	3 3/4	181.5	341.69	34842.7	191.97	110	109.7	12.836
	30/11/2022				14/12/2022	3 3/4		181.5	340.24	34694.8	191.16	109	12.360		
	30/11/2022				14/12/2022	3 3/4		181.0	341.82	34855.9	192.57	110	12.838		
3	7	175	Diseño de patrón	0	30/11/2022	28/12/2022	28	3 3/4	182.4	439.28	44794.1	245.58	140	140.5	12.954
	30/11/2022				28/12/2022	3 3/4		181.2	440.62	44930.7	247.96	142	12.921		
	30/11/2022				28/12/2022	3 3/4		183.1	438.28	44692.1	244.09	139	12.843		

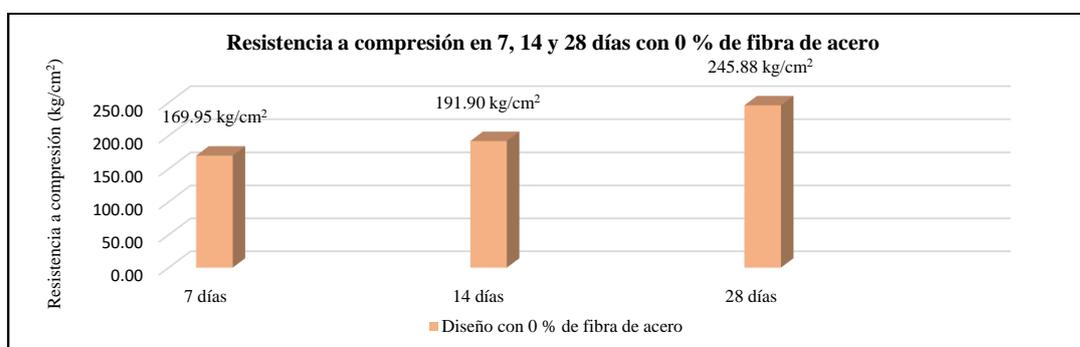


Figura 27 — Comportamiento de la resistencia a compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 0 % de fibra de acero

Tabla 36 — Resultado a compresión con 2 % de adición de fibra de acero a la edad de 7, 14 y 28 días

N° de serie	N° de testigos por muestra	Resistencia especificada (kg/cm ²)	Elementos	Adición en (%)	Fecha de ensayo		Edad (días)	Slump (Pulg.)	Área de testigo (cm ²)	Carga sometida		Resistencia alcanzada			Peso de las briquetas					
					Moldeo (día)	Rotura (día)				Lectura dial (KN)	Lectura corregida (kg.)	Resistencia alcanzada (kg/cm ²)	Resistencia porcentual (%)	Resistencia promedio (%)						
1	1	175	Diseño con fibra de acero	2	03/12/2022	09/12/2022	7	2 3/4	182.6	328.0	33448.7	183.18	105	103.8	13.448					
	03/12/2022				09/12/2022	2 3/4										185.1	33206.0	179.40	103	
	03/12/2022				09/12/2022	2 3/4										181.4	33089.8	182.41	104	
2	4	175	Diseño con fibra de acero	2	03/12/2022	16/12/2022	14	2 3/4	182.8	413.0	42116.3	230.40	132	132.1	13.550					
	03/12/2022				16/12/2022	2 3/4										183.4	419.6	42791.4	233.32	133
	03/12/2022				16/12/2022	2 3/4										182.2	411.0	41906.2	230.00	131
3	7	175	Diseño con fibra de acero	2	03/12/2022	30/12/2022	28	2 3/4	183.4	473.6	48294.8	263.33	150	151.3	13.251					
	03/12/2022				30/12/2022	2 3/4										182.3	456.93	46593.9	255.59	146
	03/12/2022				30/12/2022	2 3/4										181.4	489.54	49919.2	275.19	157

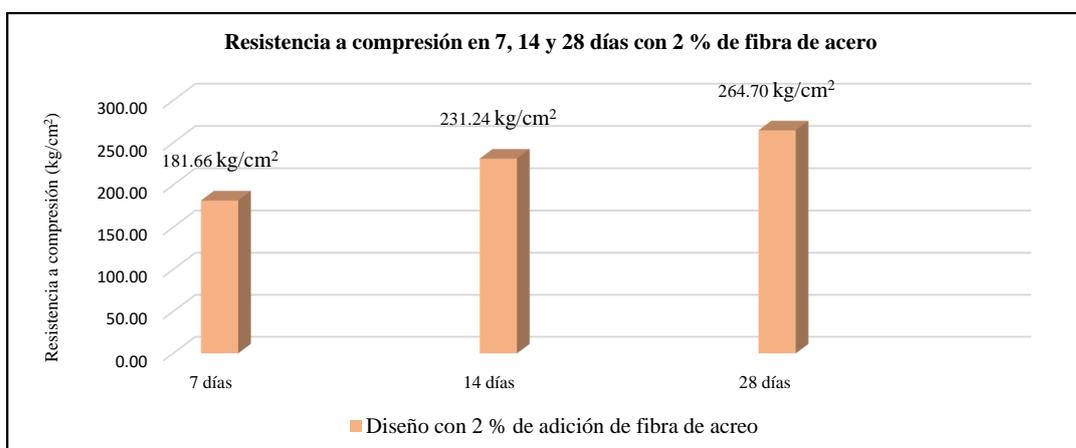


Figura 28 — Comportamiento de la resistencia a compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 2 % fibra de acero

Tabla 37 — Resultado a compresión con 4 % de adición de fibra de acero a la edad de 7, 14 y 28 días

N° de serie	N° de testigos por muestra	Resistencia especificada (kg/cm ²)	Elementos	Adición en (%)	Fecha de ensayo		Edad (días)	Slump (Pulg.)	Área de testigo (cm ²)	Carga sometida		Resistencia alcanzada			Peso de las briquetas
					Moldeo (día)	Rotura (día)				Lectura dial (KN)	Lectura corregida (kg.)	Resistencia alcanzada (kg/cm ²)	Resistencia porcentual (%)	Resistencia promedio (%)	
1	1	175	Diseño con fibra de acero	4	03/12/2022	09/12/2022	7	1 1/2	177.7	308.95	31504.1	177.29	101	103.6	13.797
	03/12/2022				09/12/2022	1 1/2		179.3	329.84	33634.3	187.59	107	13.337		
	03/12/2022				09/12/2022	1 1/2		181.5	318.95	32523.8	179.19	102	13.793		
2	4	175	Diseño con fibra de acero	4	03/12/2022	16/12/2022	14	1 1/2	180.4	389.96	39764.8	220.43	126	125.3	13.514
	03/12/2022				16/12/2022	1 1/2		181.2	391.06	39876.8	220.07	126	13.286		
	03/12/2022				16/12/2022	1 1/2		181.2	385.94	39354.9	217.19	124	13.426		
3	7	175	Diseño con fibra de acero	4	03/12/2022	30/12/2022	28	1 1/2	182.2	450.55	45943.3	252.16	144	144.5	13.451
	03/12/2022				30/12/2022	1 1/2		181.6	448.61	45745.5	251.90	144	13.451		
	03/12/2022				30/12/2022	1 1/2		181.6	453.51	46245.1	254.65	146	13.521		

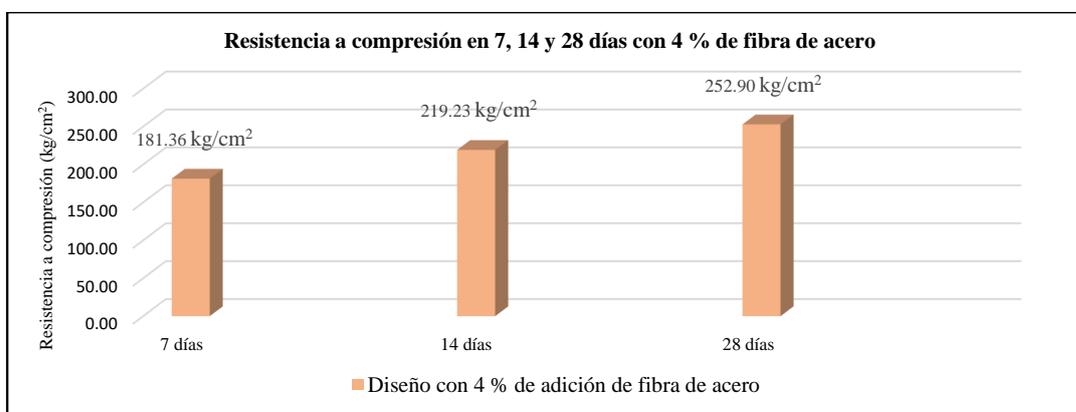


Figura 29 — Comportamiento de la resistencia a compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 4 % fibra de acero

Tabla 38 — Resultado a compresión con 6 % de adición de fibra de acero a la edad de 7, 14 y 28 días

Nº de serie	Nº de testigos por muestra	Resistencia especificada (kg/cm ²)	Elementos	Adición en (%)	Fecha de ensayo		Edad (días)	Slump (Pulg.)	Área de testigo (cm ²)	Carga sometida		Resistencia alcanzada			Peso de las briquetas	
					Moldeo (día)	Rotura (día)				Lectura dial (KN)	Lectura corregida (kg.)	Resistencia alcanzada (kg/cm ²)	Resistencia porcentual (%)	Resistencia promedio (%)		
1	1	175	Diseño con fibra de acero	6	03/12/2022	09/12/2022	7	3/4	181.2	245.98	25083.0	138.43	79	83.2	13.670	
	03/12/2022				09/12/2022	3/4				183.4	268.50	27379.4	149.29		85	13.378
	03/12/2022				09/12/2022	3/4				182.3	266.58	27183.6	149.11		85	13.372
2	4	175	Diseño con fibra de acero	6	03/12/2022	16/12/2022	14	3/4	181.9	328.05	33451.8	183.90	105	105.4	13.521	
	03/12/2022				16/12/2022	3/4				177.7	321.29	32762.5	184.37		105	13.481
	03/12/2022				16/12/2022	3/4				181.9	329.95	33645.5	184.97		106	13.562
3	7	175	Diseño con fibra de acero	6	03/12/2022	30/12/2022	28	3/4	182.3	389.64	39732.2	218.00	125	127.2	13.823	
	03/12/2022				30/12/2022	3/4				182.6	404.21	41217.9	225.72		129	13.952
	03/12/2022				30/12/2022	3/4				181.42	398.96	40682.6	224.25		128	13.548

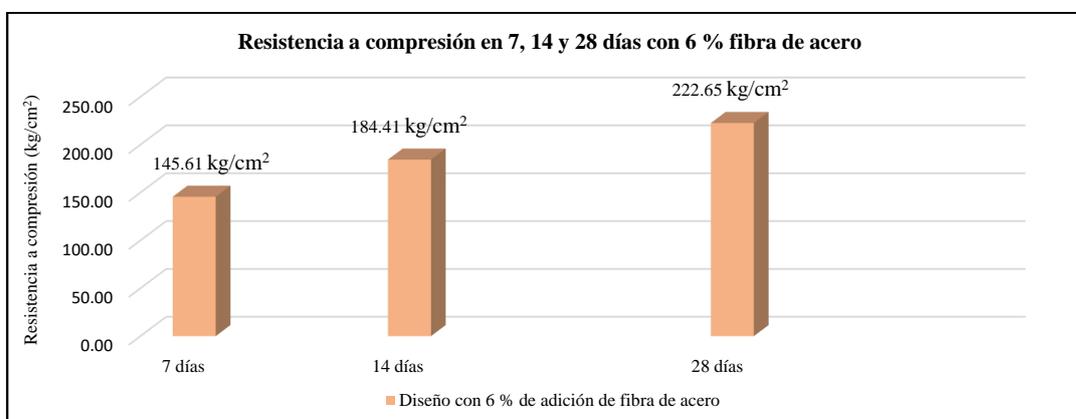


Figura 30 — Gráfica de la resistencia a compresión en la edad de 7, 14 y 28 días con 6 % fibra de acero

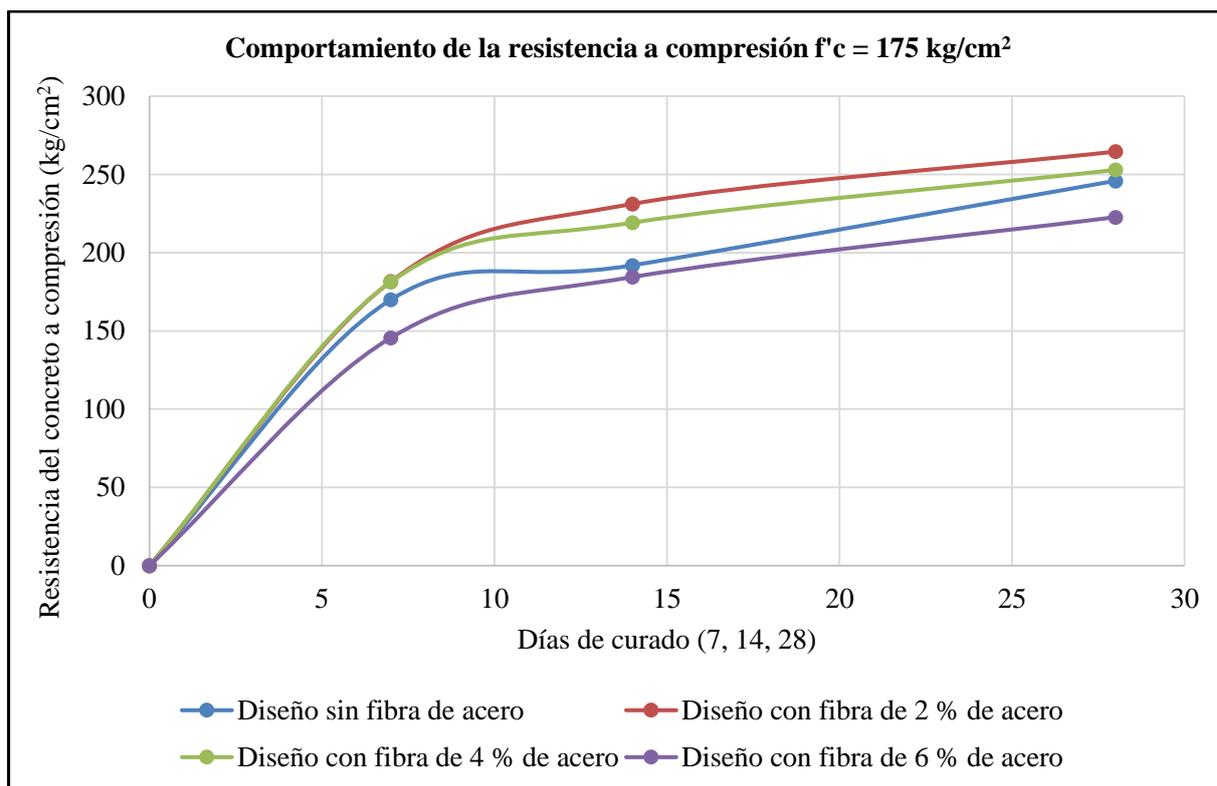


Figura 31 — Comportamiento de la curva de la resistencia a la compresión en (kg/cm^2)

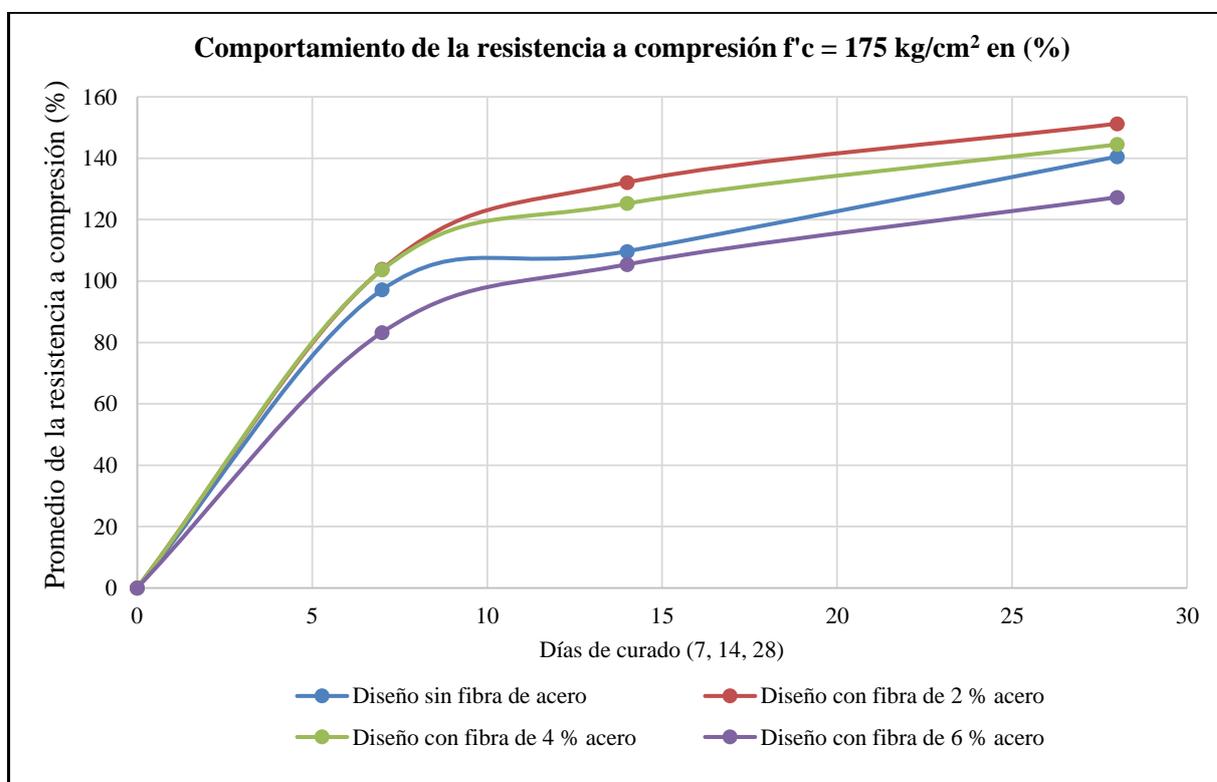


Figura 32 — Comportamiento de la curva de la resistencia a la compresión en (%)



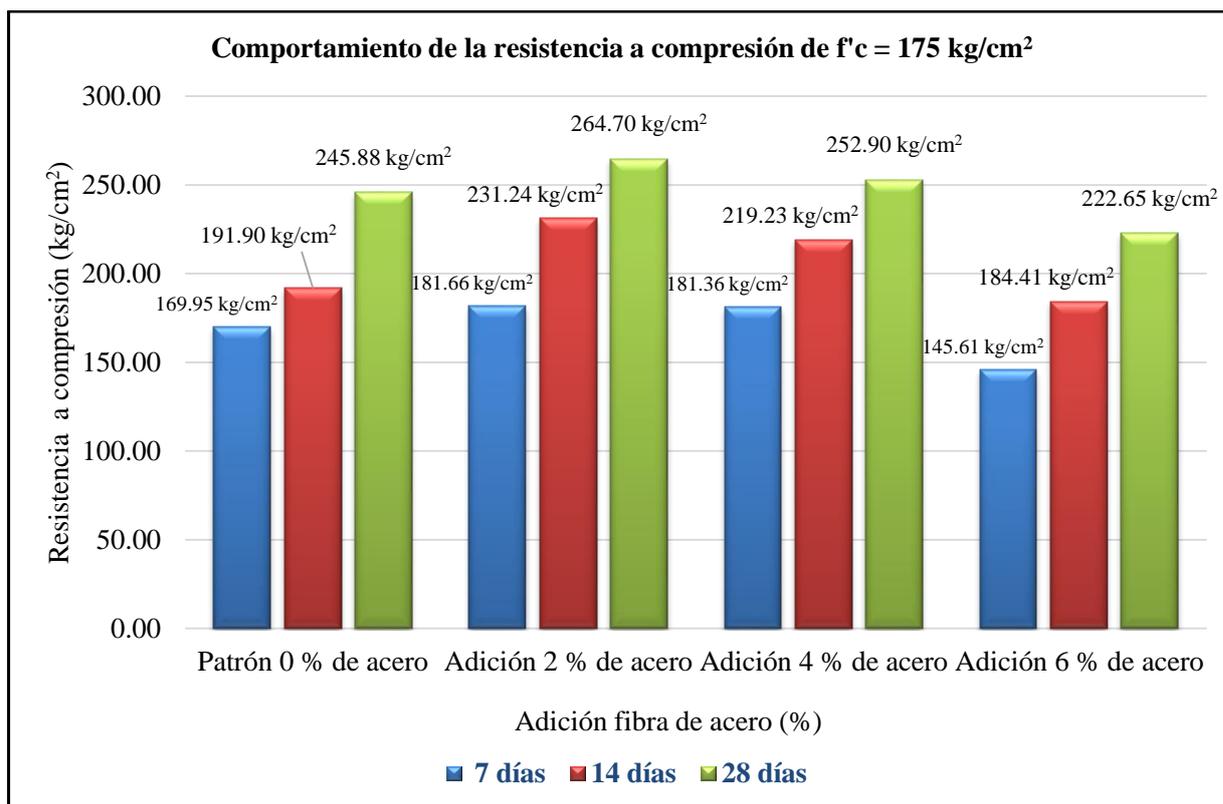


Figura 33 — Comportamiento de la barra de la resistencia a la compresión en (kg/cm^2)

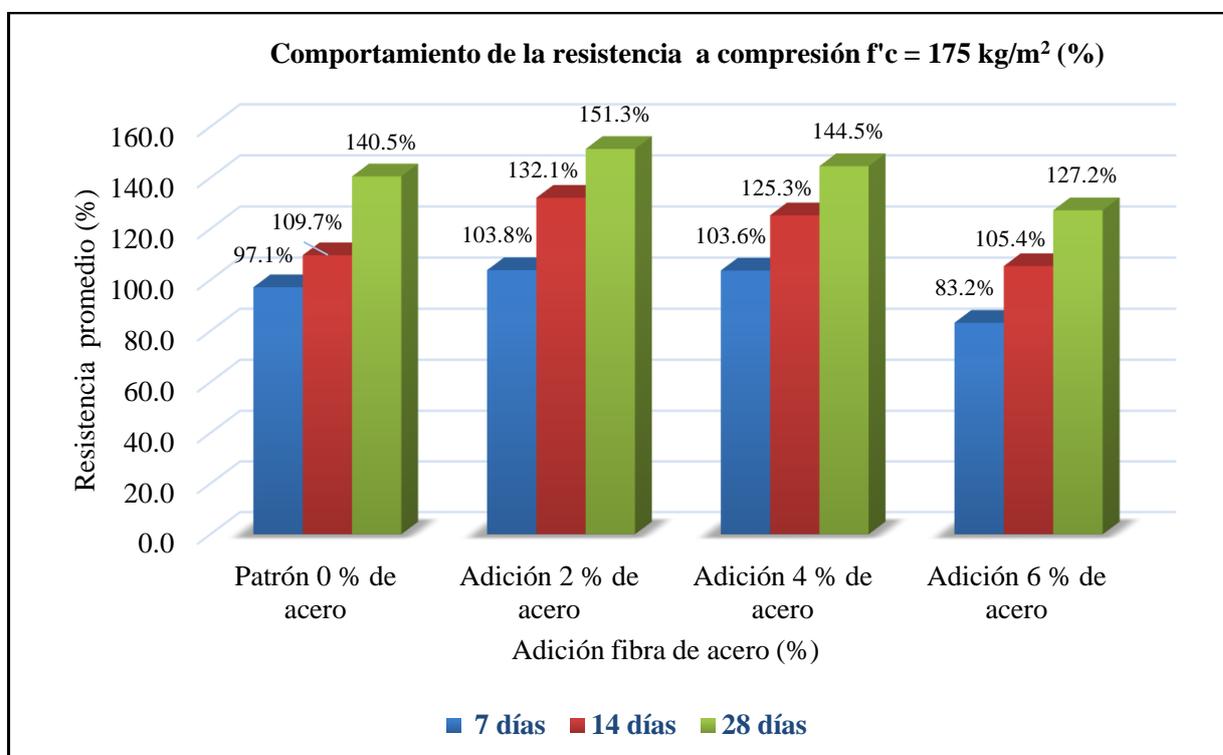


Figura 34 — Comportamiento de la resistencia a la compresión en (%)

5.1.5.2 Resistencia a la flexión en la edad de 14 y 28 días con 0 %, 2 %, 4 % y 6% de fibra de acero según NTP 339.078

Tabla 39 — Resultados de módulo de rotulo de la viga a flexión con 0 % de adición de fibra de acero a las edades 14 y 28 días de curado

N° de serie	N° de testigo por muestra	Resistencia de diseño	Elementos	Fecha de ensayo		Edad (días)	Slump (Pulg.)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área de testigo (cm ²)	Tipo de rotura		Carga sometida		Resistencia alcanzada		Peso de viga (kg)
				Moldeo (día)	Rotura (día)							Tercio medio	Fuera del tercio	Lec. Dial (KN)	Lec. Corregida (kg.)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	
1	1	175 kg/cm ²	Diseño sin fibra de acero	30/11/2022	14/12/2022	14	3 3/4	15.10	15.10	45	679.50	X		17.09	1742.9	22.78	23.02	16.915
	2			30/11/2022	14/12/2022		3 3/4	15.10	15.13	45	680.85	X		18.33	1869.0	24.38		16.915
	3			30/11/2022	14/12/2022		3 3/4	15.10	15.10	45	679.50	X		16.42	1674.8	21.89		16.915
2	4	175 kg/cm ²	Diseño sin fibra de acero	30/11/2022	28/12/2022	28	3 3/4	15.2	15.2	45	684.00	X		22.20	2263.9	29.01	29.39	16.918
	5			30/11/2022	28/12/2022		3 3/4	15.2	15.1	45	679.50	X		20.94	2135.1	27.54		16.918
	6			30/11/2022	28/12/2022		3 3/4	15.1	15	45	675.00	X		23.57	2403.2	31.62		16.918

Tabla 40 — Resultados de módulo de rotulo de la viga a flexión con 2 % de adición de fibra de acero a las edades 14 y 28 días de curado

N° de serie	N° de testigo por muestra	Resistencia de diseño	Elementos	Fecha de ensayo		Edad (días)	Slump (Pulg.)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área de testigo (cm ²)	Tipo de rotura		Carga sometida		Resistencia alcanzada		Peso de viga (kg)
				Moldeo (día)	Rotura (día)							Tercio medio	Fuera del tercio	Lec. dial (KN)	Lec. corregida (kg.)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	
1	1	175 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 2 %	02/12/2022	15/12/2022	14	2 3/4	15.1	15.12	45.0	680.4	X		18.87	1924.5	25.12	25.02	16.898
	2			02/12/2022	15/12/2022		2 3/4	15.1	15.1	45.0	679.5	X		19.22	1960.2	25.62		16.909
	3			02/12/2022	15/12/2022		2 3/4	15.1	15.14	45.0	681.3	X		18.29	1864.9	24.31		16.909
2	4	175 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 2 %	02/12/2022	29/12/2022	28	2 3/4	15.2	15.4	45.0	693	X		23.59	2405.2	30.42	30.88	16.918
	5			02/12/2022	29/12/2022		2 3/4	15.0	15.2	45.0	684	X		22.03	2246.6	29.56		16.918
	6			02/12/2022	29/12/2022		2 3/4	15.3	15.1	45.0	679.5	X		25.15	2564.7	32.65		16.918

Tabla 41 — Resultados de módulo de rotulo de la viga a flexión con 4 % de adición de fibra de acero a las edades 14 y 28 días de curado

N° de serie	N° de testigo por muestra	Resistencia de diseño	Elementos	Fecha de ensayo		Edad (días)	Slump (Pulg.)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área de testigo (cm ²)	Tipo de rotura		Carga sometida		Resistencia alcanzada		Peso de viga (kg)
				Moldeo (día)	Rotura (día)							Tercio medio	Fuera del tercio	Lec. dial (KN)	Lec. corregida (kg.)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	
1	1	175 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 4 %	02/12/2022	15/12/2022	14	1 1/2	15.1	15.13	45	680.85	X		26.4482481	2697.0	35.18		16.91
	2			02/12/2022	15/12/2022		1 1/2	15.1	15.1	45	679.5	X		27.956445	2850.8	37.26	35.71	16.909
	3			02/12/2022	15/12/2022		1 1/2	15.1	15.11	45	679.95	X		26.0378847	2655.1	34.68		16.912
2	4	175 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 4 %	02/12/2022	29/12/2022	28	1 1/2	15.2	15	45	675	X		34.454184	3513.3	45.62		16.918
	5			02/12/2022	29/12/2022		1 1/2	15.1	15	45	675	X		31.4607273	3208.1	42.21	44.85	16.918
	6			02/12/2022	29/12/2022		1 1/2	15.3	15.2	45	684	X		36.2274309	3694.2	46.72		16.918

Tabla 42 — Resultados de módulo de rotulo de la viga a flexión con 6 % de adición de fibra de acero a las edades 14 y 28 días de curado

N° de serie	N° de testigo por muestra	Resistencia de diseño	Elementos	Fecha de ensayo		Edad (días)	Slump (Pulg.)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área de testigo (cm ²)	Tipo de rotura		Carga sometida		Resistencia alcanzada		Peso de viga (kg)
				Moldeo (día)	Rotura (día)							Tercio medio	Fuera del tercio	Lec. dial (KN)	Lec. corregida (kg.)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	
1	1	175 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 6 %	02/12/2022	15/12/2022	14	3/4	15.10	15.14	45	681.3	X		33.19	3384.6	44.12		16.914
	2			02/12/2022	15/12/2022		3/4	15.20	15.20	45	684	X		31.65	3227.7	41.36	43.88	16.909
	3			02/12/2022	15/12/2022		3/4	15.10	15.13	45	680.85	X		34.70	3538.0	46.15		16.908
2	4	175 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 6 %	02/12/2022	29/12/2022	28	3/4	15.3	15.1	45	679.5	X		39.05	3981.7	50.69		16.918
	5			02/12/2022	29/12/2022		3/4	15.2	15.1	45	679.5	X		39.62	4039.9	52.11	51.33	16.918
	6			02/12/2022	29/12/2022		3/4	15.1	15	45	675	X		38.15	3889.9	51.18		16.918

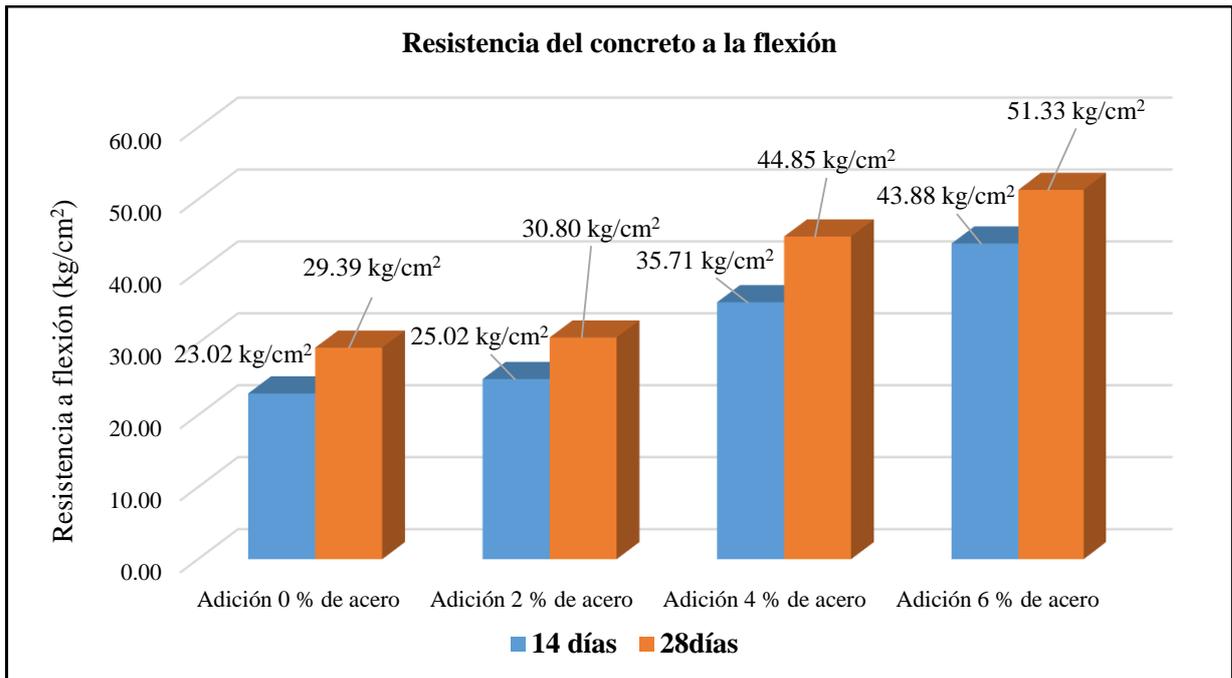


Figura 35 — Resultados del módulo de rotura a flexión de las vigas a la edad 14 y 28 días

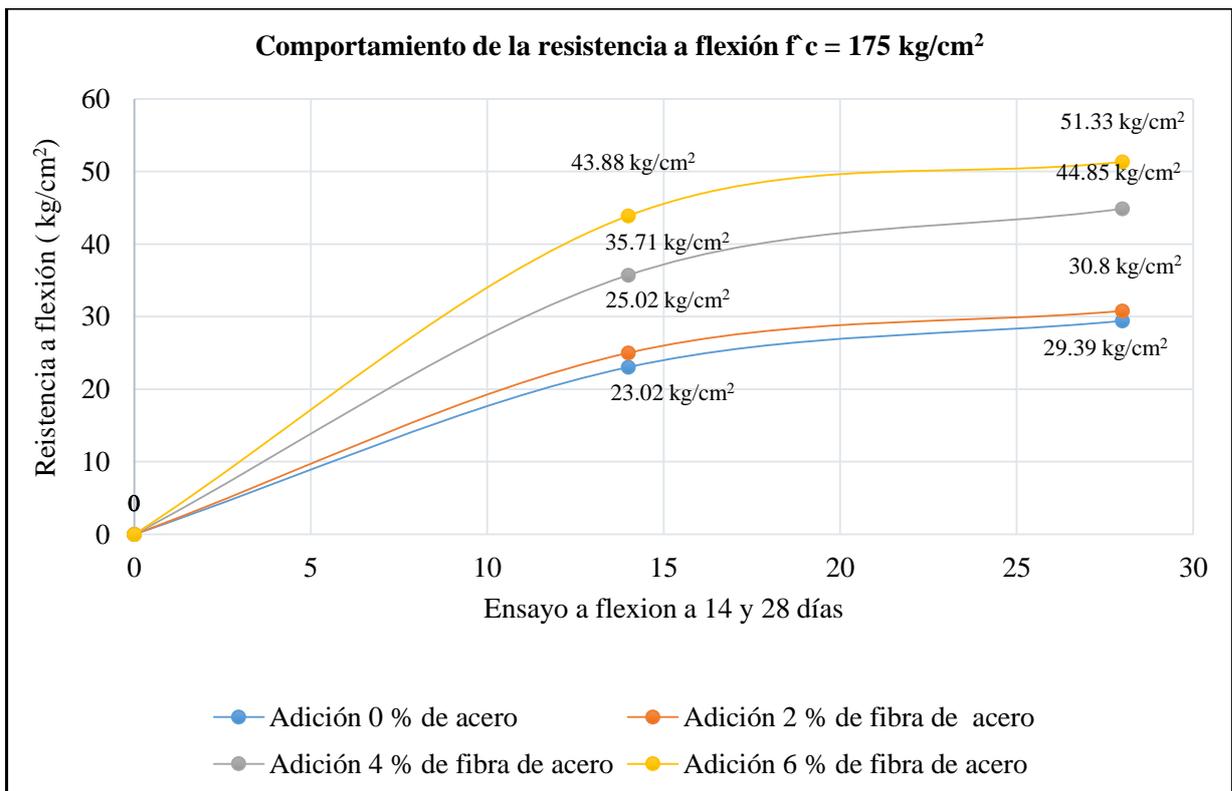


Figura 36 — Comportamiento de la resistencia a flexión a la edad de 14 y 28 días

5.2 Contrastación de hipótesis

La prueba de hipótesis se construyó a partir de una estadística de muestra que se realizó donde la información sobre los datos observados en un valor que nos permite tomar decisión de rechazar la hipótesis nula; donde la propiedad más importante de la estadística es utilizada para la prueba de hipótesis que si la distribución muestral fuera exacta o aproximadamente computable bajo la hipótesis nula e hipótesis alterna.

H0: Superará la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac.

H1: Reducirá la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac.

Nota: Donde el nivel de confianza para esta evaluación del punto crítico fue $\alpha = 0.05$ de significancia equivalente en un ensayo de 95 % de confianza con un error del 5 %.

Tabla 43 — Determinación de la media y desviación estándar para el cálculo de la contrastación de la hipótesis del concreto de resistencia a compresión $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de edad con adición de fibra de acero.

N° de testigo	Resistencia especificada	Elementos	Edad (días)	Contrastación de hipótesis			Varianza S^2
				Resistencia a compresión alcanzada (kg/cm^2)	Media \bar{x}	Desviación estándar	
						S	
1	175 kg/cm^2	Diseño con fibra de acero 2 %	28	263.33	265	9.9	97.4
2				255.59			
3				275.19			
1	175 kg/cm^2	Diseño con fibra de acero 4 %	28	252.16	253	1.5	2.3
2				251.90			
3				254.65			
1	175 kg/cm^2	Diseño con fibra de acero 6 %	28	218.00	223	4.1	16.8
2				225.72			
3				224.25			



Nota: Donde el nivel de confianza para esta evaluación del punto crítico fue $\alpha = 0.05$ de significancia equivalente en un ensayo de 95 % de confianza con un error del 5 %.

Tabla 44 — Resultados de la prueba estadístico para una hipótesis del concreto de resistencia a compresión $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ a los 28 días de edad con adición de fibra de acero.

Hipótesis nula y alterna		Nivel de significancia	Media	Hipótesis	Desviación estandar	Cantidad de muestra	Zona crítica
		α	\bar{x}	μ	5	n	$T_c = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$
Diseño con fibra de acero 2 %	$H_0: \mu \geq 175 \text{ kg/cm}^2$	0.05	265	175	10	3	15.7
	$H_1: \mu < 175 \text{ kg/cm}^2$						
Diseño con fibra de acero 4 %	$H_0: \mu \geq 175 \text{ kg/cm}^2$	0.05	253	175	2	3	88.8
	$H_1: \mu < 175 \text{ kg/cm}^2$						
Diseño con fibra de acero 6 %	$H_0: \mu \geq 175 \text{ kg/cm}^2$	0.05	223	175	4	3	20.1
	$H_1: \mu < 175 \text{ kg/cm}^2$						

Región de rechazó o decisión

Donde nos muestra el valor crítico que es de 1.55

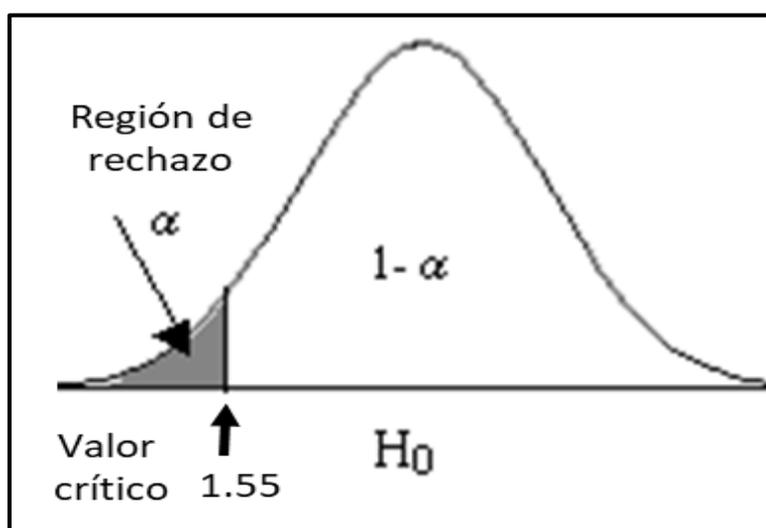


Figura 37 — Prueba unilateral al lado izquierda o de cola izquierda.

Región de rechazo o decisión: Esta región es cuando se llega determinar si se acepta la hipótesis nula o se acepta la hipótesis alterna de la investigación con la adición de fibra de

acero en las proporciones de 2 %, 4 % y 6 % para una resistencia del concreto a compresión superior o igual a 175 kg/cm².

Donde se determinó la aceptación de la hipótesis de la investigación por encontrarse en el área de aceptación para una muestra $n < 30$, donde se cumple lo siguiente: $T_c > \text{zona crítica}$.

Donde se determinó el rechazo de la hipótesis alterna de la investigación por encontrarse en el área de rechazó para una muestra $n < 30$, donde se cumple la siguiente desigualdad: $T_c > \text{zona crítica}$.

H₀: Superará la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac.

H₁: Reducirá la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac.

Tabla 45 — Determinación de la media y desviación estándar para el cálculo de la contrastación de la hipótesis.

N° de testigo	Resistencia especificada	Elementos	Edad (días)	Resistencia alcanzada			Varianza
				Resistencia a flexión alcanzada	Media	Desviación estandar	
				(kg/cm ²)	\bar{X}	S	
1	17.5 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 2 %	28	30.42	31	1.6	2.5
2				29.56			
3				32.65			
1	17.5 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 4 %	28	45.62	45	2.4	5.5
2				42.21			
3				46.72			
1	17.5 kg/cm ²	Diseño con fibra de acero 6 %	28	50.69	51	0.7	0.5
2				52.11			
3				51.18			

Nota: Donde el nivel de confianza para esta evaluación del punto crítico fue $\alpha = 0.05$ de significancia equivalente en un ensayo de 95 % de confianza con un error del 5 %.



Tabla 46 — Resultados de la prueba estadístico para una hipótesis del concreto de resistencia a flexión $f^c = 175\text{kg/cm}^2$ a los 28 días de edad con adición de fibra de acero.

Hipótesis nula y alterna		Nivel de significancia	Media	Hipótesis	Desviación estandar	Cantidad de muestra	Zona crítica
		α	\bar{X}	μ	S	n	$T_c = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}}$
Diseño con fibra de acero 2 %	$H_0: \mu \geq 17.5 \text{ kg/cm}^2$	0.05	31	17.5	2	3	14.5
	$H_1: \mu < 17.5 \text{ kg/cm}^2$						
Diseño con fibra de acero 4 %	$H_0: \mu \geq 17.5 \text{ kg/cm}^2$	0.05	45	17.5	2	3	20.1
	$H_1: \mu < 17.5 \text{ kg/cm}^2$						
Diseño con fibra de acero 6 %	$H_0: \mu \geq 17.5 \text{ kg/cm}^2$	0.05	51	17.5	1	3	81.2
	$H_1: \mu < 17.5 \text{ kg/cm}^2$						

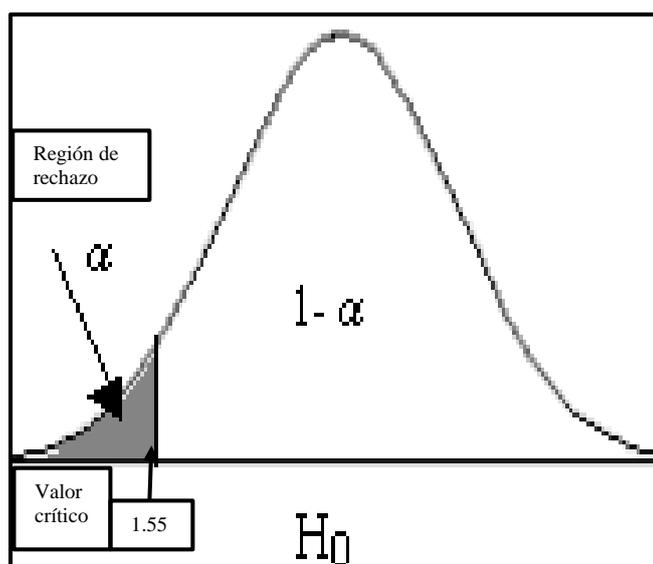


Figura 38 — Prueba unilateral al lado izquierda o de cola izquierda.

Región de rechazo o decisión: Esta región es cuando se llega a determinar si se acepta la hipótesis nula o se acepta la hipótesis alterna de la investigación con la adición de fibra de acero en las proporciones de 2 %, 4 % y 6 % para una resistencia a flexión superior o igual a 17.5 kg/cm^2 .

Donde se determinó la aceptación de la hipótesis de la investigación por encontrarse en el área de aceptación para una muestra $n < 30$, donde se cumple lo siguiente: $T_c > \text{zona crítica}$.

Donde se determinó el rechazo de la hipótesis alterna de la investigación por encontrarse en el área de rechazo para una muestra $n < 30$, donde se cumple la siguiente desigualdad: $T_c >$ zona crítica.

5.3 Discusión

Según nuestra investigación titulada “análisis de las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay de Abancay – Apurímac”, se realizó el análisis de relación con los resultados de los antecedentes de nuestra investigación con el uso de la fibra para concreto de diferentes resistencias donde se realizará la evaluación comparativa de los resultados.

- Se analizó que el asentamiento del concreto fresco con menores a 2% de fibra de acero es aceptable por su trabajabilidad.
- Se analizó con la adición de 2 % y 4 % de fibra de acero la resistencia a compresión aumenta a comparación de concreto patrón.
- Se analizó con la adición de 2 %, 4 % y 6 % la resistencia a flexión mejora considerablemente.

Según (SANDOVAL, 2022), Se obtuvo como resultados una temperatura y asentamiento del concreto con un rango aceptable hasta el 3 % de adición de fibras de acero, donde obtuvo dosificaciones óptimas fueron de 2 % y 4 %, aumentando la resistencia a la compresión y mismo modo la Resistencia aumento para la flexión fue de 4 % de fibras de acero para ambos diseños de concreto.

Según (FLORES Y OSTOS, 2019), la resistencia a compresión con refuerzo de la fibra de acero en 4 % y 6 % nos arroja mayores resistencias, sin embargo, disminuye la trabajabilidad.

Según (QUISPE, 2022) las fibras de acero en cantidad de 1 % por volumen, presenta mejor comportamiento en estado fresco con una buena trabajabilidad, estado endurecido con respecto a resistencia la compresión no disminuye, cuanto a la resistencia a la flexión tiene mejor desarrollo en relación al concreto patrón.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Conforme los estudios realizados en esta investigación, se determinó las propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero Wirand FF3 en las proporciones de 2 %, 4 % y 6 %, se obtuvo los resultados del ensayo de asentamiento, donde el concreto fresco con mayor cantidad de fibra de acero reduce la trabajabilidad del hormigón, tal como se muestra en la figura (N°24), pero en su estado endurecido mejora extraordinariamente en la resistencia a compresión y flexión, tal como se detalla en la figura (N°33 y N°35).
- En esta tesis se analizó el asentamiento del concreto fresco $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 %, de esto se consiguió un asentamiento de 6.98 cm, 3.78 cm y 1.90 cm respecto a la adición de fibra de acero, se concluye que la adición de la fibra en el concreto en mayor cantidad afecta en la trabajabilidad del concreto.
- En esta tesis se analizó la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 %, en la que a la edad de 28 días la resistencia sin fibra de acero llegó a su resistencia 245.88 kg/cm^2 , con 2 % de fibra de acero obtuvo 264.70 kg/cm^2 de su resistencia, 4 % fibra de acero alcanzó 252.90 kg/cm^2 de su resistencia y 6 % de fibra a 222.65 kg/cm^2 de su resistencia, se concluye que la adición de la fibra de acero Wirand FF3 con 2 % alcanzó la máxima resistencia a compresión, a diferencia de los demás porcentajes de adición y el concreto patrón.
- En esta tesis se analizó la resistencia a flexión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero en proporción 2 %, 4 % y 6 %, a los 28 días alcanzó a una resistencia



promedio de 29.39 kg/cm², 30.88 kg/cm² y 44.85 kg/cm² respectivamente, de estos resultados obtenidos se puede concluir que la adición de fibra de acero Wirand FF3 a 6 % alcanzo la máxima resistencia a flexión que 2 % y 4 % tal como se muestra en la figura 36.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir investigando la adición de la fibra de acero Wirand FF3 en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón como componente o material para la elaboración de concreto porque aumenta la capacidad residual del concreto y el control de las fisuras y aumenta la resistencia a la fatiga del concreto así mejorando las propiedades mecánicas del concreto
- También es recomendable tener en cuenta que la adición de la fibra de acero en mayor cantidad es inversamente proporcional al asentamiento del concreto, en esta investigación es recomendable para una buena trabajabilidad usar menor o igual al 2 % de fibra de acero, con 4 % y 6 % el concreto se considerara muy seca en su estado fresco.
- Se recomienda utilizar de acuerdo a esta investigación la adición de 2 % de fibra de acero en el hormigón, para todo tipo de elementos estructurales que trabajan a compresión, porque llega alcanzar la mejor resistencia que el 4 % y 6 % conforme a los ensayos realizados.
- También se recomienda el uso de la fibra acero en 6 % para todo tipo de concreto diseñado para trabajos a flexión porque aumenta sustancialmente el módulo de rotura o flexión a comparación del concreto patrón, por lo tanto, es recomendable para cargas cíclicas porque aumenta la tenacidad y capacidad residual y el control de fisuras.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANTO, F., 2009. Tecnología del concreto (teoría y problemas). S.l.: s.n.
- ARIAS, F., 2012. El proyecto de investigación introducción a la metodología científica. S.l.: s.n.
- ÁVILA, andres felipe y BURITICA, O.A., 2016. Análisis del comportamiento a cortante de concreto de 21 Mpa y 44 Mpa reforzado con fibra de acero. , pp. 110.
- BORJA, M., 2012. Metodología de la investigación científica para ingenieros. S.l.: s.n.
- CEMENTO SOL, 2012. Manual de construcción. Cementos L. S.l.: s.n. ISBN 1501432002055.
- FERNANDO, D. y VARGAS, M., 2020. Creep en losas de concreto reforzado con fibras cortas de acero. ,
- FLORES, C.R. y OSTOS, E., 2019. Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c=210$ kg/cm² con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019. , pp. 142.
- GALVEZ, D.C., 2021. Estudio de factibilidad para la implementación de la tecnología de hormigones reforzados con fibra , en la construcción de pavimentos aeroportuarios en Chile. , pp. 110.
- INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, 2002. Práctica estándar para seleccionar proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1- 91). , pp. 61.
- LAURA. H, S., 2006. Diseño de Mezclas de Concreto. , pp. 20.
- MOY, N.C. y REMUZGO, J.M., 2013. Influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 m.s.n.m. , pp. 368.
- NTP 339.033, 2000. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. , pp. 27.
- NTP 339.035, 1999. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigon con el cono de abrams. 1999. S.l.: s.n.
- NTP 339.078, 2022. Método de ensayo para determina la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Inacal [en línea], pp. 15.
- NTP 339.185, 2013. PERUANA AGREGADOS . Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. [en línea], pp. 13.
- NTP 400.010, 2016. Norma Técnica Peruana. , no. Lima 27, pp. 14.
- NTP 400.012, 2001. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. S.l.: s.n.



- NTP 400.017, 2011. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados. , pp. 24.
- NTP 400.019, 2014. 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. , pp. 16.
- NTP 400.021, 2002. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 2002. S.l.: s.n.
- NTP 400.022, 2002. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. S.l.: s.n.
- POLO, J. y RISCO, J.J., 2018. Influencia de las fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, Trujillo, 2018. , pp. 160.
- QUISPE, E., 2022. Incorporación de las fibras de acero tipo I alambre trefilado en frío en el comportamiento de las propiedades del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido en el casco urbano Abancay, 2022. , pp. 176.
- SÁNCHEZ, J.P. y SÁNCHEZ, N.A., 2021. Análisis comparativo del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand® FF1 y concreto reforzado con fibras de alambre N° 16 diseñado para losas de pavimento rígido de Lambayeque - Perú. , pp. 172.
- SANDOVAL, F.E., 2022. «Efectos de la incorporación de fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto con aditivo plastificante, Lambayeque». , pp. 154.



ANEXOS



Panel fotográfico



Figura 39 — Ubicación del problema en el distrito de Abancay



Figura 40 — Ubicación de la Cantera Murillo



Figura 41 — Formación del suelo para los materiales de la cantera Murillo



Figura 42 — Tipo de roca en la cantera Murillo



Figura 43 — Extracción de material para los ensayos



Figura 44 — Estudio granulométrico del agregado fino



Figura 45 — Análisis granulométrico del agregado grueso



Figura 46 — Dosificación de materiales para la elaboración de la mezcla



Figura 47 — Extracción de la mezcla de concreto



Figura 48 — Elaboración de testigos para los ensayos



Figura 49 — Ensayo de asentamiento en concreto fresco



Figura 50 — Testigos de concreto 175 kg/cm² para los ensayos



Figura 51 — Proceso de curado de los testigos



Figura 52 — Testigos para las respectivas roturas como cilíndrico y viga

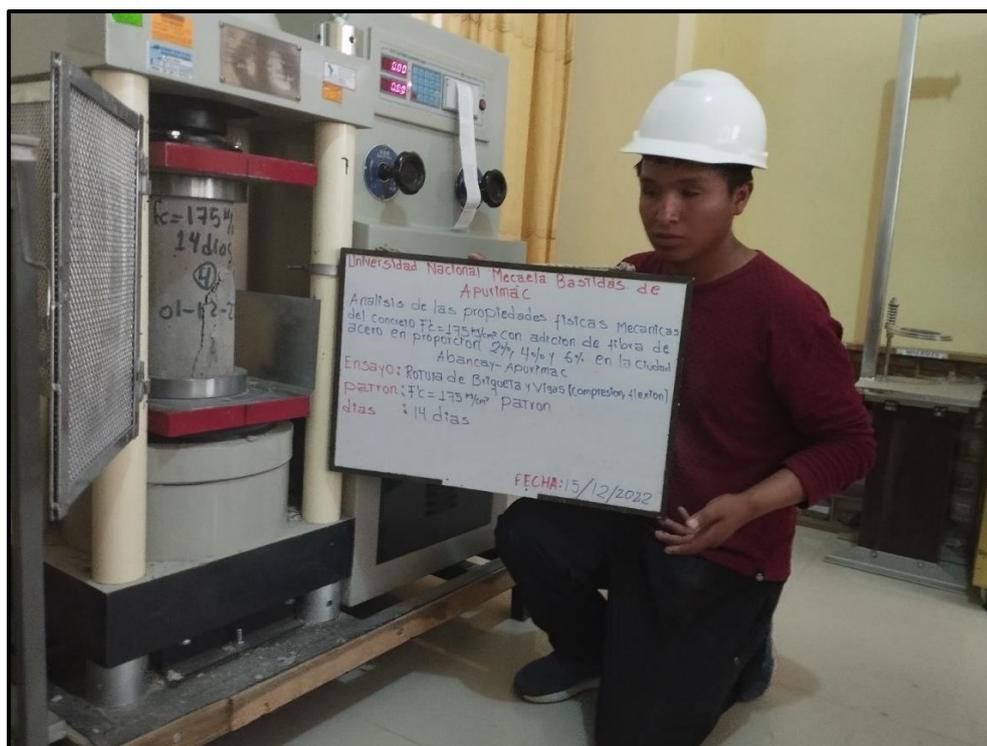


Figura 53 — Ensayo a compresión de los testigos cilíndricos



Figura 54 — Tipos de falla de los testigos de vigas y cilindros después del ensayo

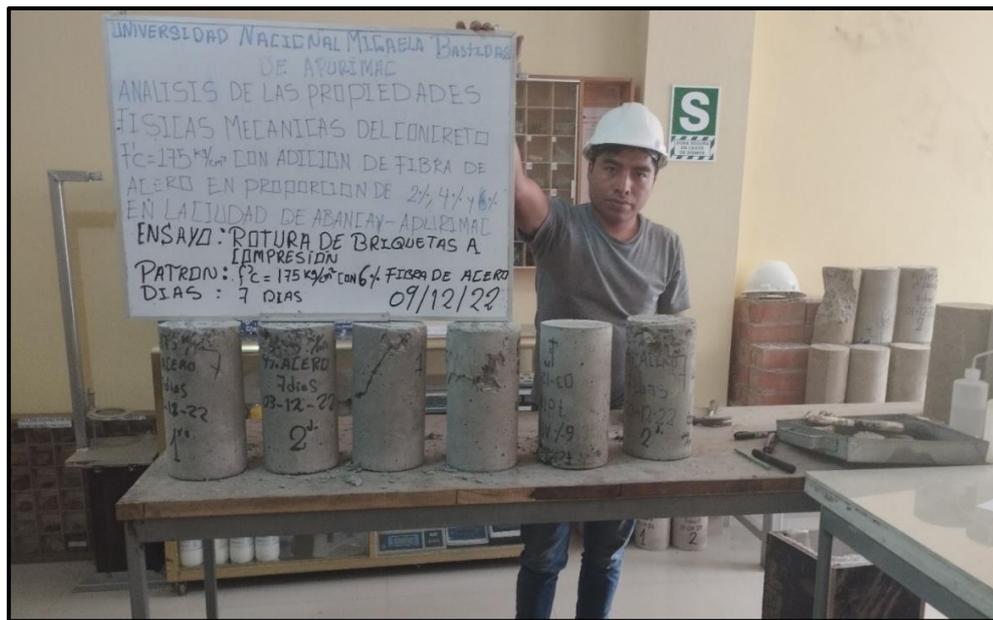


Figura 55 — Tipos de falla después del ensayo

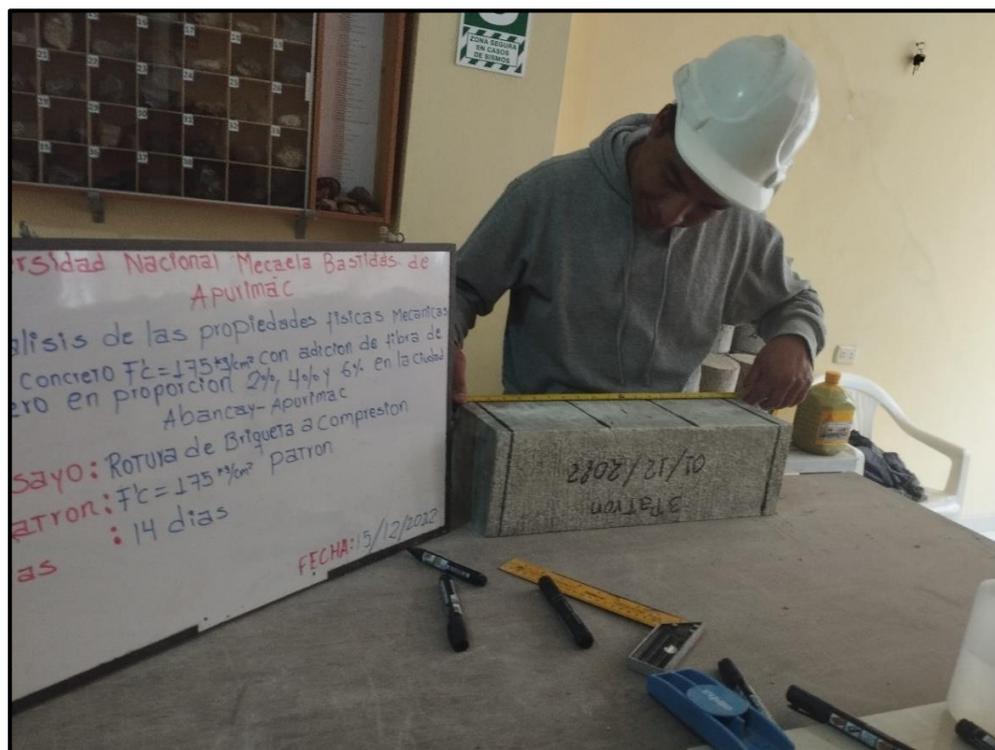


Figura 56 — Dimensionamiento para la colocación de las vigas para su respectivo ensayo

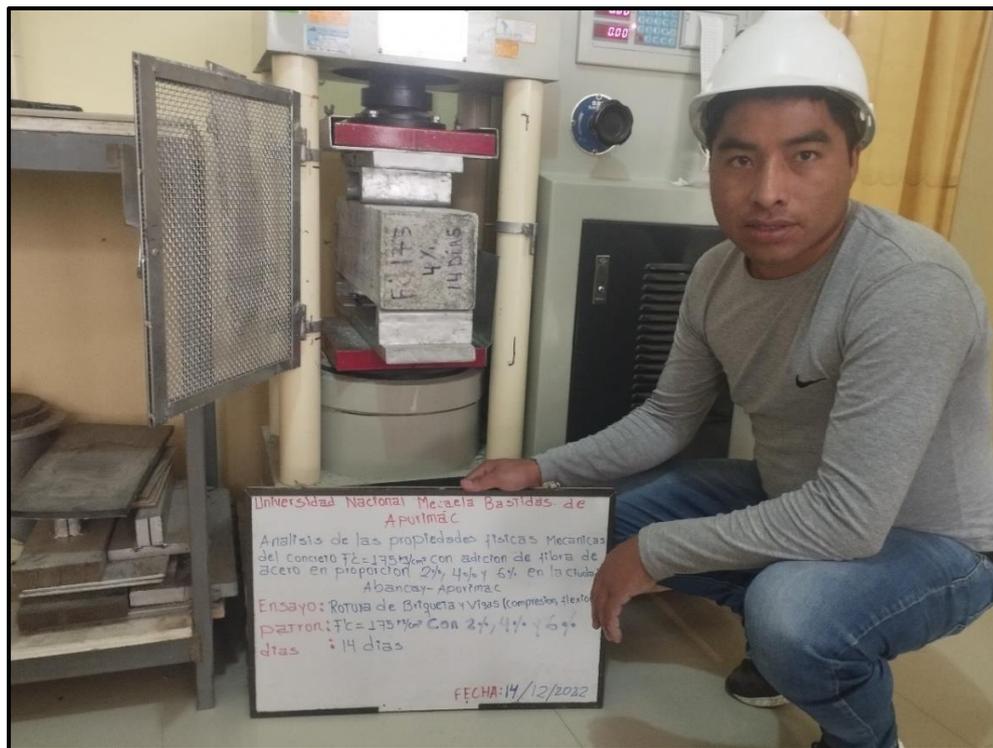


Figura 57 — Ensayo de módulo de rotura a flexión de una viga



Figura 58 — Fallas de las muestras cilíndricas y vigas

Certificados de calibración



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LM-219-2022

Expediente: **20425** Página 1 de 3

Solicitante GEOMAT SERV E.I.R.L.
Dirección JR. PALPA NRO. 931 BAR. MIRAFLORES (A 2 CDRAS DE LA PLAZA DE ARMAS DE V. ALE.) ICA- NASCA – VISTA ALEGRE

Laboratorio de Masa

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados del presente certificado son válidos sólo para el instrumento calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Cem Industrial.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Cem Industrial no se responsabiliza de los perjuicios del uso inadecuado de este instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados aquí presentados.

Instrumento de Medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Marca / Fabricante	OHAUS	
Modelo	SPJ6001	
Serie	B411400989	
Identificación	GS-1-06-2020	
Alcance de indicación	6000	g
División de escala / resolución (d)	0,1	g
División de verificación de escala (e)	1	g
Procedencia	CHINA	
Tipo	ELECTRÓNICA	
Clasificación	NO AUTOMÁTICA	
Capacidad mínima	2	g
Clase de exactitud	III	

Ubicación del equipo LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Lugar de calibración PASAJE MONTEVIDEO MZA D LOTE 4 URB. LAS AMERICAS
Fecha de calibración 2022-09-25

Sello



Fecha de emisión

2022-09-28

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

JESUS QUINTO C.
 JEFE DE LABORATORIO

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGIA INDUSTRIAL.
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.
 www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas@cemind.com
 Telef.: 958009776 / 958009777

Figura 59 — Certificado de calibración balanza electrónica 6000 g





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LM-219-2022

Expediente: 20425

Página 2 de 3

Método de Calibración:

La calibración de balanzas se basa en al comparación de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido (pesas patrón) utilizando como referencia el PC-011 "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" – Cuarta edición, abril 2010.

Condiciones de calibración:

	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	22,5 °C	22,2 °C
HUMEDAD RELATIVA	51 %	50 %

Patrones utilizados:

TRAZABILIDAD	PESAS PATRÓN USADAS	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
INACAL	Juego de Pesas patrón Clase E2 (1mg – 1 kg)	LM-C-156-2022
METROIL	Pesa patrón Clase M1 (2kg)	1AM-0209-2022
METROIL	Pesa patrón Clase M1 (5kg)	1AM-0210-2022

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, para una distribución normal de aproximadamente 95%.
- El equipo tenía una diferencia de 0,2 gramos con los patrones por lo que se ajustó.

Resultados de Calibración:

El resultado de la incertidumbre expandida es:

$$U(R) = 2 \sqrt{4,48E-03 + 1,89E-10 R^2}$$

$$U(6000) = 0,2 \text{ g}$$

El resultado del Error corregido es:

$$R_{\text{corregido}} = R - (7,49E-06)R$$

$$R_{\text{corregido}} = 6000,1 \text{ g}$$

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL.
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.
 www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas@cemind.com
 Telef.: 958009776 / 958009777

Figura 60 — Resultados de calibracion balanza electronica



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LM-219-2022

Expediente: 20425

Página 3 de 3

INSPECCIÓN VISUAL

SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBE	TIENE	AJUSTE DE CERO	TIENE	CURSOR	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE				

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

TEMPERATURA		Inicial	Final	HUMEDAD RELATIVA			Inicial	Final
		22,5 °C	22,5 °C				51 %	51 %
Medición N.º	Carga L1 = 3000 g			Carga L2 = 6000 g				
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		
1	3000,0	0,05	0,00	6000,0	0,06	-0,01		
2	3000,0	0,05	0,00	5999,9	0,02	-0,07		
3	3000,0	0,05	0,00	6000,0	0,07	-0,02		
4	3000,0	0,05	0,00	6000,0	0,06	-0,01		
5	3000,0	0,06	-0,01	5999,9	0,02	-0,07		
6	3000,0	0,05	0,00	5999,9	0,03	-0,06		
7	3000,0	0,06	-0,01	5999,9	0,02	-0,07		
8	2999,9	0,03	-0,06	5999,9	0,02	-0,07		
9	2999,9	0,03	-0,06	5999,9	0,02	-0,07		
10	2999,9	0,03	-0,06	5999,9	0,03	-0,06		
EMP =			3	EMP =			3	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

posición de cargas

3	4
1	
2	5

TEMPERATURA		Inicial	Final
		22,5 °C	22,4 °C
HUMEDAD RELATIVA		51 %	51 %

Posición	Carga Mínima*	Determinación de Eo			Carga L (g)	Determinación de Ec			EMP (g)	
		I (g)	ΔL (g)	E0 (g)		I (g)	ΔL (g)	E0 (g)		Ec (g)
1	1	1	0,05	0,00	2000	2000,0	0,05	0,00	0,00	2
2		1	0,06	-0,01		1999,9	0,02	-0,07	-0,06	
3		1	0,06	-0,01		2000,0	0,06	-0,01	0,00	
4		1	0,05	0,00		2000,1	0,07	0,06	0,06	
5		1	0,04	0,01		2000,0	0,06	-0,01	-0,02	

* valor entre 0 y 10e

ENSAYO DE PESAJE

TEMPERATURA		Inicial	Final	HUMEDAD RELATIVA			Inicial	Final	
		22,4 °C	22,2 °C				51 %	50 %	
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				EMP (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1,0	0,05	0,00						
2	2,0	0,06	-0,01	-0,01	2,0	0,05	0,00	0,00	1,0
10	10,0	0,05	0,00	0,00	10,0	0,04	0,01	0,01	1,0
100	100,0	0,04	0,01	0,01	100,0	0,05	0,00	0,00	1,0
500	500,0	0,05	0,00	0,00	500,0	0,05	0,00	0,00	1,0
1000	1000,0	0,06	-0,01	-0,01	1000,1	0,06	0,09	0,09	2,0
1500	1500,0	0,07	-0,02	-0,02	1500,1	0,04	0,11	0,11	2,0
2000	1999,9	0,03	-0,06	-0,06	1999,9	0,03	-0,06	-0,06	2,0
4000	3999,9	0,04	-0,09	-0,09	3999,9	0,02	-0,07	-0,07	3,0
5000	4999,9	0,03	-0,06	-0,06	4999,9	0,02	-0,07	-0,07	3,0
6000	5999,9	0,02	-0,07	-0,07	5999,9	0,02	-0,07	-0,07	3,0

*Valor de la carga mínima

FIN DEL DOCUMENTO

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL.
AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.

www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas@cemind.com
Telef.: 958009776 / 958009777

Figura 61 — Resultados de calibración balanza electrónica





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LM-215-2022

Expediente: **20425** Página 1 de 3

Solicitante GEOMAT SERV E.I.R.L.
Dirección JR. PALPA NRO. 931 BAR. MIRAFLORES (A 2 CDRAS DE LA PLAZA DE ARMAS DE V. ALE.) ICA- NASCA – VISTA ALEGRE

Laboratorio de Masa

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados del presente certificado son válidos sólo para el instrumento calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Cem Industrial.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Cem Industrial no se responsabiliza de los perjuicios del uso inadecuado de este instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados aquí presentados.

Instrumento de Medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Marca / Fabricante	OHAUS
Modelo	R31P30
Serie	8335320438
Identificación	GS-1-05-2020
Alcance de indicación	30000 g
División de escala / resolución (d)	1 g
División de verificación de escala (e)	10 g
Procedencia	CHINA
Tipo	ELECTRONICA
Clasificación	NO AUTOMATICA
Capacidad mínima	20 g
Clase de exactitud	III

Ubicación del equipo LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Lugar de calibración PASAJE MONTEVIDEO MZA D LOTE 4 URB. LAS AMERICAS
Fecha de calibración 2022-09-25

Sello	Fecha de emisión	Jefe del laboratorio de calibración
	2022-09-28	 JESUS QUINTO C. JEFE DE LABORATORIO

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL.
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.
 www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas@cemind.com
 Telef.: 958009776 / 958009777

Figura 62 — Certificado de calibración balanza electronica 30000 g



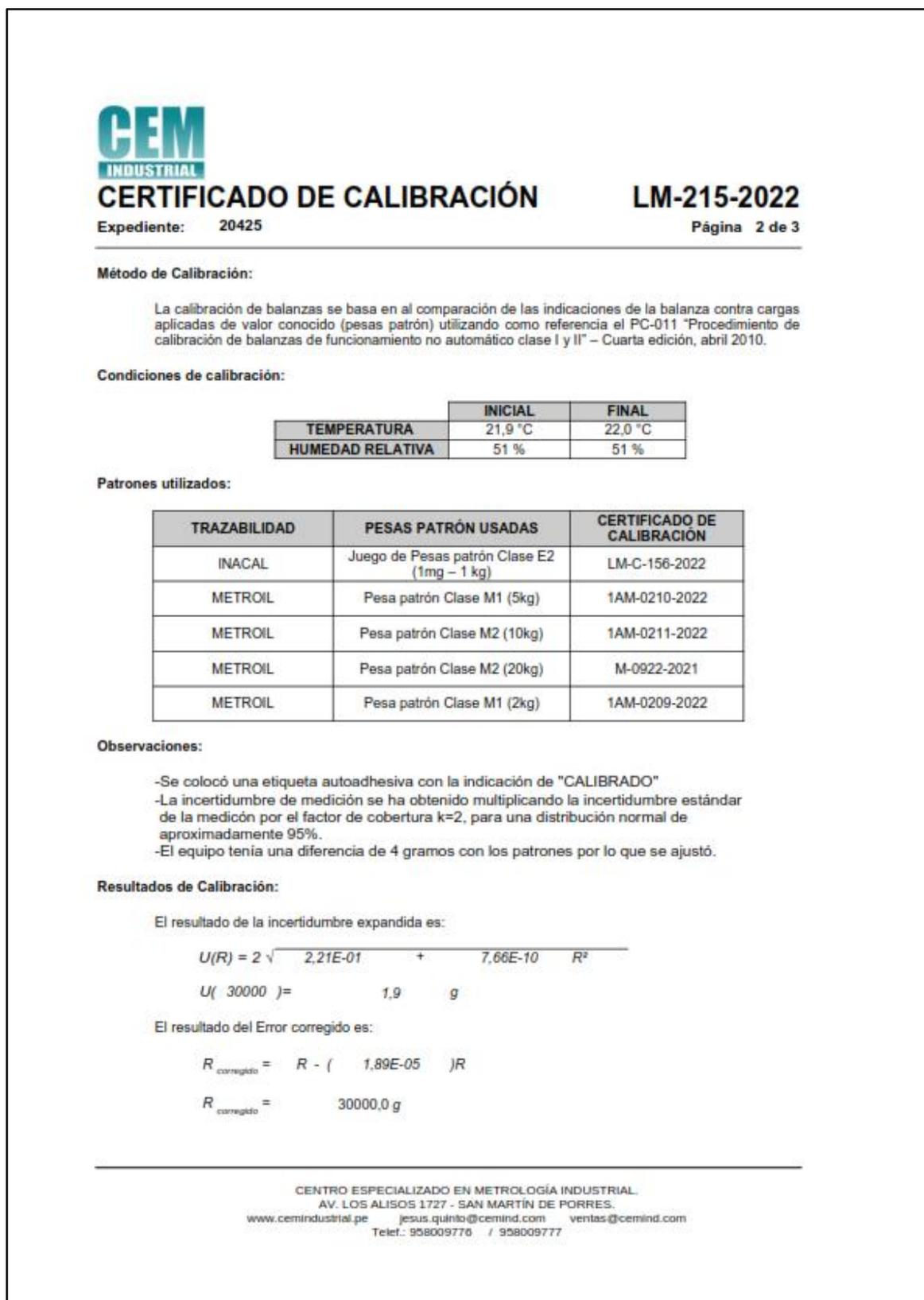


Figura 63 — Resultados de calibración balanza electrónica



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LM-215-2022

Expediente: 20425

Página 3 de 3

INSPECCIÓN VISUAL

SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBE	TIENE	AJUSTE DE CERO	TIENE	CURSOR	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE				

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N.º	Carga L1 = 15000 g			Carga L2 = 30000 g			
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15000	0,5	0,0	30000	0,5	-0,3	
2	15000	0,5	0,0	30000	0,5	-0,3	
3	15000	0,6	-0,1	30000	0,5	-0,3	
4	15000	0,5	0,0	30000	0,5	-0,3	
5	15000	0,5	0,0	30000	0,7	-0,2	
6	15000	0,5	0,0	30000	0,5	-0,3	
7	15000	0,5	0,0	30000	0,5	-0,3	
8	15000	0,5	0,0	30000	0,7	-0,2	
9	15000	0,5	0,0	30000	0,5	-0,3	
10	15000	0,5	0,0	30000	0,5	-0,3	
EMP = 20			EMP = 30				

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición	Carga Mínima*	Determinación de Eo			Carga L (g)	Determinación de Ec			
		I (g)	ΔL (g)	E0 (g)		I (g)	ΔL (g)	E0 (g)	Ec (g)
1	10	10	0,7	-0,2	10000	10000	0,2	0,3	0,5
2		10	0,6	-0,1		10001	0,5	0,7	0,5
3		10	0,7	-0,2		10000	0,9	-0,4	-0,2
4		10	0,7	-0,2		10000	0,3	0,2	0,4
5		10	0,6	-0,1		10001	0,5	1,0	1,1
EMP = 20									

* valor entre 0 y 10e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				EMP (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0,7	-0,2						
20	20	0,6	-0,1	0,1	20	0,5	0,0	0,2	10,0
100	100	0,7	-0,2	0,0	100	0,5	0,0	0,2	10,0
1000	1000	0,5	-0,3	-0,1	1000	0,7	-0,2	0,0	10,0
2000	2000	0,7	-0,2	0,0	2000	0,6	-0,1	0,1	10,0
5000	5000	0,7	-0,2	0,0	5000	0,7	-0,2	0,0	10,0
10000	10000	0,7	-0,2	0,0	10001	0,9	0,6	0,8	20,0
15000	15000	0,5	0,0	0,2	15000	0,4	0,1	0,3	20,0
20000	20000	0,9	-0,4	-0,2	20000	0,5	-0,3	-0,1	20,0
25000	25000	0,5	-0,3	-0,1	25000	0,7	-0,2	0,0	30,0
30000	30000	0,9	-0,4	-0,2	30000	0,9	-0,4	-0,2	30,0

*Valor de la carga mínima

FIN DEL DOCUMENTO

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL.
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.
 www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas@cemind.com
 Telef.: 958009776 / 958009777

Figura 64 — Resultados de calibración balanza electronica





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-104-2022

Laboratorio de Fuerza Pág. 1 de 2

Expediente	20425	
Solicitante	GEOMAT SERV E.I.R.L.	
Dirección	JR. PALPA NRO. 931 BAR. MIRAFLORES (A 2 CDRAS DE LA PLAZA DE ARMAS DE V. ALE) ICA - NASCA - VISTA ALEGRE	
Instrumento de Medición	Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión	
Equipo Calibrado	PRENSA DE CONCRETO	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.</p> <p>Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.</p>
Alcance de Indicación	2000 KN	
Marca (o Fabricante)	A & A INSTRUMENTS	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	131229	
Identificación	GS-3-01-2020	
Procedencia	CHINA	
Indicador de Lectura	DIGITAL	
Marca (o Fabricante)	ZHEJIAN GEOTECHNICAL INSTRUMENT CO. LTD.	
Modelo	LM -02	
Número de Serie	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	COLOMBIA	
Alcance de Indicación	0 KN A 2000 KN	
Resolución	0,1 KN	
Transductor de Fuerza	TRANSDUCTOR	
Alcance de Indicación	NO INDICA	
Marca (o Fabricante)	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Fecha de Calibración	2022-09-25	
Ubic. Del Equipo	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.	
Lugar de Calibración	PASAJE MONTEVIDEO MZA D LOTE 4 URB. LAS AMERICAS	

Sello	Fecha de emisión	Jefe del laboratorio de calibración
	2022-09-28	 JESUS QUINTO C. JEFE DE LABORATORIO

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL.
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.
 www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas@cemind.com
 Telef.: 958009776 / 958009777

Figura 65 — Certificado de calibracion prensa de concreto 2000 kn





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LF-104-2022

Laboratorio de Fuerza

Pág. 2 de 2

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376 ,
Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión
Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú
Con Certificado N° INF-LE N° 011-22 (A)

Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	KN	KN	KN	KN	KN	q(%)	b(%)	U(%)
10	100	99,4	99,9	99,8	99,7	0,3	0,5	1,50
20	200	200,1	201,1	200,9	200,7	-0,3	0,5	0,82
30	300	299,7	300,9	299,9	300,2	-0,1	0,4	0,59
40	400	399,5	401,2	400,3	400,3	-0,1	0,4	0,50
50	500	499,8	500,3	501,3	500,5	-0,1	0,3	0,41
60	600	599,9	600,1	601,4	600,5	-0,1	0,2	0,37
70	700	700,1	699,3	701,5	700,3	0,0	0,3	0,37
80	800	800,6	799,1	801,4	800,4	0,0	0,3	0,34
90	900	900,9	899,1	902,1	900,7	-0,1	0,3	0,35
100	1000	1001,0	1000,0	1001,5	1000,8	-0,1	0,1	0,29
Lectura máquina en cero		0	0	0	----	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 23,0 °C; Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

Evaluación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20 % y el 90 % del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fin del documento

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL.
AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.
www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas@cemind.com
Telef.: 958009776 / 958009777

Figura 66 — Resultados de calibración prensa de concreto

