



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Dosificación de Concreto Fibroreforzado con Alambre Ondulado  
Para Mejorar las Propiedades del Concreto  $F'c = 280 \text{ Kg/Cm}^2$ , Lima -  
2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

CESPEDES YALICO, Oscar Manuel

<https://orcid.org/0000-0002-1139-7862>

**ASESOR:**

Dr. Ing. TELLO MALPARTIDA, Omart Demetrio

<https://orcid.org/0000-0002-5043-6510>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mi amada madre, por ser mi fortaleza motivacional, gracias por tu amor y comprensión, todos mis deseos de superación son gracias a ti. A mi padre que no conocí físicamente pero que vive en corazón, eres quien ilumina mi camino. Y también a mi padre político por su apoyo y consejos durante toda mi etapa estudiantil y personal. Es por ustedes que pretendo ser mejor y que cada logro se los dedico.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiar mis pasos hacia el bien y detenerme de lo malo.

A mi familia, por su apoyo constante en esta etapa universitaria y de mi crecimiento profesional, gracias por compartir conmigo todo este proceso.

También quiero agradecer a todas las personas que desde niño me ayudaron en mi formación tanto académica como personal, agradecerle eternamente a mi tía Carmen, madre y padre por darme la mano durante años y solventar mis gastos universitarios. Quiero agradecerle a mi madre por depositar su confianza en mí y animarme a seguir y jamás derrumbarme, a cada persona que me subestimó mil gracias, es por ustedes que mi esfuerzo valió la pena.

Finalmente, muchas gracias Asesor, por corregirme en este proyecto y ayudarme a ser mejor profesional.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	IV
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. MÉTODO.....	49
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	50
2.2. Variables, operacionalización.....	52
2.3 Población, muestra y muestreo.....	53
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	55
2.5. Procedimiento.....	57
2.6. Métodos de análisis de datos.....	59
2.7. Aspectos éticos.....	59
III. RESULTADOS.....	60
3.1 Desarrollo de Procedimiento.....	61
3.2 Resultados.....	86
IV. DISCUSIONES.....	95
V. CONCLUSIONES.....	98
VI. RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS.....	103
ANEXOS.....	110
ANEXO 1: Matriz de Consistencia.....	111
ANEXO 2: Ficha técnica, Variable dependiente, ensayo de consistencia, segregación y exudación.....	112
ANEXO 3: Ficha técnica, Variable dependiente, ensayo de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.....	113
ANEXO 4: Ficha técnica, Variable dependiente, ensayo de resistencia a la compresión diametral del concreto en muestras cilíndricas.....	114
ANEXO 5: Ficha técnica, Variable independiente, ensayo de flexión en vigas de concreto - carga a los tercios.....	115
ANEXO 6: Validación de Instrumento, experto N°1.....	116

ANEXO 7: Validación de Instrumento, experto N°2.....	117
ANEXO 8: Validación de Instrumento, experto N°3.....	118
ANEXO 9: Validación de Instrumento, consolidado.....	119
ANEXO 10: Informe de Laboratorio de Ensayo de Materiales LEM-UNI.....	120
ANEXO 11: Certificado de calibración de Equipos de Laboratorio LEM-UNI.....	130
ANEXO 12: Panel fotográfico del proyecto de investigación.....	136
ANEXO 13: Ficha técnica del cemento sol Tipo 1.....	142
ANEXO 14: Ficha técnica de aditivo plastificante.....	144
ANEXO 15: Ficha técnica de alambre galvanizado.....	146
ANEXO 16: Ficha técnica de fibra de acero comercial.....	147
ANEXO 17: Certificado De Autenticidad, Pantallazo De Turnitin.....	148

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Fibras de acero, a partir de alambre galvanizado.....	17
Figura 2: Clasificación de fibras.....	26
Figura 3: Relación de aspecto.....	27
Figura 4: Sección longitudinal de la fibra .....	28
Figura 5: Sección de la fibra.....	29
Figura 6: Dimensiones de la fibra Tabix+ 1/60.....	33
Figura 7: slump de concreto fibroreforzado .....	39
Figura 8: slump de concreto convencional .....	39
Figura 9: Detalle de la probeta cilíndrica para ensayo de segregación .....	40
Figura 10: Ensayo de compresión diametral .....	43
Figura 11: Dimensiones mínimas de la viga para el ensayo de flexión .....	44
Figura 12: (ASTM C78-02), Módulo de Rotura (Mr.) ubicado a tercios del elemento. ....	44
Figura 13: (ASTM C 293, 2011), Módulo de Rotura (Mr.) ubicado al puto medio.....	45
Figura 14: Flujo grama de procedimiento de trabajo de investigación .....	58
Figura 15: Fibra de acero ondulada .....	61
Figura 16: Dispositivo para fabricar fibras onduladas – piñones de 1.5 pulgadas .....	64
Figura 17: Dispositivo para fabricar fibras onduladas – rodaje, eje y palanca giratoria .....	65
Figura 18: Dispositivo para fabricar fibras onduladas – 2do perno regulador .....	66
Figura 19: Dispositivo para fabricar fibras onduladas – 1er perno regulador .....	66
Figura 20: Dispositivo para fabricar fibras onduladas – perforaciones para anclar la estructura mediante pernos, a una mesa de trabajo .....	66
Figura 21: Palanca tubular metálica de 50 cm de largo con un diámetro exterior de $\frac{3}{4}$ de pulgada, (extensión de palanca).....	67
Figura 22: Dispositivo para fabricar fibras de acero, vista lateral.....	67
Figura 23: Dispositivo para fabricar fibras de acero, vista trasera .....	67
Figura 24: Alambre galvanizado calibre 16, sacar del empaque .....	68
Figura 25: Alambre galvanizado calibre 16, compra de producto por kg .....	68
Figura 26: Fibras onduladas de acero galvanizado, producto final .....	68
Figura 27: Dispositivo para fabricar fibras, producción de fibras onduladas.....	68
Figura 28: Proceso de fabricación de fibras de acero onduladas.....	69
Figura 29: Producto final, fibras onduladas.....	69
Figura 30: Producción de fibras onduladas de acero galvanizado.....	69

Figura 31: Curva de Granulometría del agregado fino.....	71
Figura 32: Curva de Granulometría del agregado grueso .....	72
Figura 33: Curva de Granulometría del agregado global .....	74
Figura 34: Preparación de la primera tanda de concreto con volumen de 0.015, (técnico Montes), laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI) .....	77
Figura 35: Preparación de probetas cilíndricas para ensayo de compresión, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI).....	78
Figura 36: Medición de aditivo plastificante en gramos, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI).....	78
Figura 37: Ensayo de consistencia, mediante cono de abrams, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI).....	78
Figura 38: Desechos de probetas después de ensayo de compresión, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI).....	79
Figura 39: Prensa hidráulica, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI) .....	79
Figura 40: Probetas a los 7 días de curado, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI).....	79
Figura 41: Consistencia, prueba de slump, mediante cono de abrams .....	87
Figura 42: Resultados de resistencia a la compresión .....	90
Figura 43: Resultados de resistencia a la tracción, mediante compresión diametral .....	92
Figura 44: Resultados de resistencia a la flexión .....	94

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades de las fibras .....	27
Tabla 2: Revestimiento mínimo de zinc de las fibras de acero.....	31
Tabla 3: Tolerancias sobre las dimensiones según la norma americana .....	32
Tabla 4: Características de las fibras onduladas .....	32
Tabla 5: Dimensiones y Características de la fibra Tabix+ 1/60 .....	33
Tabla 6: Características y Dimensiones del Alambre Galvanizado.....	34
Tabla 7: Asentamientos de concreto según el uso y el elemento a vaciar .....	38
Tabla 8: Operacionalización de Variable .....	52
Tabla 9: Muestreo de probetas cilíndricas de concreto.....	54
Tabla 10: Muestreo de probetas prismáticas de concreto .....	54
Tabla 11: Protocolo de proceso, técnica e instrumentos de investigación.....	55
Tabla 12: Rango/magnitud de validez y confiabilidad .....	56
Tabla 13: Geometría de la fibra de acero .....	61
Tabla 14: Características mecánicas de la fibra de acero.....	62
Tabla 15: Revestimiento mínimo de zinc de las fibras de acero. ....	62
Tabla 16: Granulometría del Agregado Fino .....	70
Tabla 17: Propiedades físicas del agregado fino .....	71
Tabla 18: Granulometría del Agregado Grueso .....	72
Tabla 19: Propiedades físicas del agregado grueso.....	73
Tabla 20: Granulometría del agregado global.....	73
Tabla 21: Propiedades físicas del agregado global .....	74
Tabla 22: Consolidado de datos de los ensayos de agregados.....	75
Tabla 23: Diseño de mezcla de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , diseño número 1 – relación agua/cemento al 50 %.....	75
Tabla 24: Diseño de mezcla de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , diseño número 2 – relación agua/cemento al 60 %.....	76
Tabla 25: Diseño de mezcla de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , diseño número 3 – relación agua/cemento al 70 %.....	76
Tabla 26: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión, $a/c = 0.5$ .....	80
Tabla 27: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión, $a/c = 0.6$ .....	80
Tabla 28: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión, $a/c = 0.7$ .....	80
Tabla 29: Diseño de mezcla final ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) cemento sol tipo 1 .....	81



Tabla 30: DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) PATRÓN .....	82
Tabla 31: DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) Adición de 10 kg/m <sup>3</sup> de fibras de acero onduladas .....	83
Tabla 32: DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) Adición de 15 kg/m <sup>3</sup> de fibras de acero onduladas .....	84
Tabla 33: DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) Adición de 20 kg/m <sup>3</sup> de fibras de acero onduladas .....	85
Tabla 34: Consistencia, prueba de slump, mediante cono de abrams .....	86
Tabla 35: Ensayo de segregación y exudación.....	86
Tabla 36: Resultados de ensayo de resistencia a compresión.....	89
Tabla 37: Resultados de ensayo de resistencia a la tracción .....	91
Tabla 38: Resultados de ensayo de resistencia a la flexión.....	93

## RESUMEN

El trabajo de investigación que se muestra continuación que lleva como **título**, “DOSIFICACIÓN DE CONCRETO FIBROREFORZADO CON ALAMBRE ONDULADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, LIMA - 2019”, esta investigación tiene como **objetivo** principal, determinar de qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con fibras onduladas hecho de alambre galvanizado, influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, en la ciudad de Lima. Se utilizó el **método experimental**, debido a que se manipulo la variable independiente, con el fin de experimentar los resultados en la variable dependiente, determinando las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero e incorporando aditivo súper plastificante. Se realizaron ensayos en laboratorio, de 24 probetas cilíndricas y 4 prismáticas para determinar la resistencia a la compresión, tracción y flexión respectivamente. En el estado fresco se analizó las propiedades físicas de consistencia segregación y exudación. **Se determinó que**, la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades del concreto  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, de manera parcial, y con una dosificación óptima de 15 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero onduladas, se mantiene un slump de 3”, no presenta segregación ni exudación, aumenta la  $F'c$  en un 6%, mantiene su resistencia a tracción y aumenta la resistencia a flexión en un 25%, comparado con un concreto convencional.

**Palabras clave: dosificación, concreto fibroreforzado, propiedades físicas, propiedades mecánicas y fibras onduladas.**

## ABSTRACT

The research work shown below that bears the title, "DOSIFICACION OF CONCRETE FIBROREFORZADO WITH WIRE ONDULADO TO IMPROVE THE PROPERTIES OF THE CONCRETE  $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$ , LIMA - 2019", this research has as main objective, to determine which way the dosage of fiber reinforced concrete with corrugated fibers made of galvanized wire, influences the physical and mechanical properties of concrete  $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$ , in the city of Lima. The experimental method was used, because the independent variable was manipulated, in order to experiment the results in the dependent variable, determining the physical and mechanical properties of the concrete reinforced with steel fibers and incorporating super plasticizer additive. Laboratory tests were carried out on 48 cylindrical and 24 prismatic specimens to determine the compressive, tensile and flexural strength, respectively. In the fresh state, the physical properties of consistency, segregation and exudation were analyzed. It was determined that, the dosing of fiber reinforced concrete with corrugated wire influences the properties of the concrete  $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$ , partially, and with an optimum dosage of  $15 \text{ kg / m}^3$  of wavy steel strands, a 3" slump, does not show segregation or exudation, increases the  $F'c$  by 6%, maintains its tensile strength and increases the flexural strength by 25%, compared to a conventional concrete.

**Keywords: dosage, fibro-reinforced concrete, physical properties, mechanical properties and wavy fibers.**

## **I. INTRODUCCIÓN**

**En la actualidad**, conforme pasan los años, crece la demanda de crear nuevas tecnologías en el concreto, debido a que se debe construir modernas infraestructuras que nos puedan garantizar seguridad, comodidad, economía y que además ayude a preservar el medio ambiente.

En el país, el boom inmobiliario genera ingresos económicos considerables, convirtiendo al concreto, en el segundo material más utilizado no solo a nivel nacional, sino también a nivel mundial.

Según la asociación de productores de cemento (ASOCEM), mediante su reporte estadístico mensual de marzo del 2019, estima que el Consumo Nacional de Cemento tiene un estimado de 931 mil toneladas mensuales (TM), logrando un incremento de 4.8% con respecto al mes de marzo del año anterior. En los últimos 12 meses alcanzo un acumulado de 11,309 mil TM, llegando a un 3% mayor al periodo de abril 2017 a marzo del 2018. (ASOCEM, 2019).

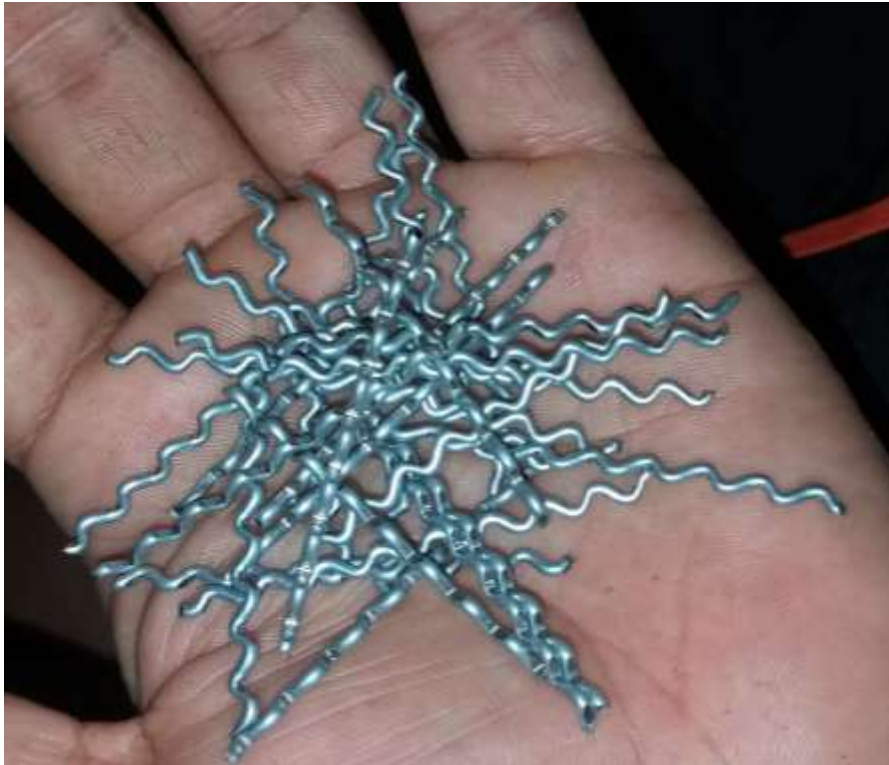
El concreto es un material que funciona y responde positivamente a esfuerzos de compresión, por otro lado, presenta déficit en resistencia a tracción y flexión, con una limitada capacidad resistente. (Portland Cement Association, 2001)

El concreto de uso cotidiano presenta un déficit, y es debido a la baja y despreciable resistencia a tracción y flexión. Debido a este problema surge la necesidad de incorporar fibras al diseño del concreto para erradicar estos problemas. Cuando en el concreto reforzado con fibras se producen micro fisuras, los esfuerzos de tracción del concreto se desplazan hacia las fibras, deteniendo la fisuración y se obtiene una mejora en la tenacidad.

Las fibras más usuales y comerciales en el mercado, destinado al reforzamiento del concreto, es de acero. Debido a su costo relativamente bajo, por su esbeltez y resistencia a tracción que ofrece el acero.

Según la Asociación Mundial del Acero (Worldsteel) el mundo produjo 148,6 millones de toneladas de acero en el año 2018, por lo que se tuvo un aumento del 5,8% en comparación con el año 2017. Para el 2019, Worldsteel realiza su pronóstico, mediante su perspectiva de corto alcance (SRO) de abril de 2019, que la demanda de acero alcanzará los 1,735 millones de toneladas de acero aumentando en 1.3% con respecto al año 2018. Las fibras de acero con fin de reforzamiento para el concreto forman parte de este grupo de producción de acero. (worldsteel, 2019).

Se muestra la **Figura 1**, las fibras de acero onduladas. Fabricadas a partir de alambre galvanizado calibre 16



*Figura 1:* Fibras de acero, a partir de alambre galvanizado

Las fibras como reforzamiento en el concreto convencional han demostrado solucionar la problemática de fisuración, poca resistencia a tracción, flexión y hinchamiento, entre otros, a raíz de las fibras surge dos nuevos problemas, donde la primera es la adquisición de estas fibras, que su distribución en algunos mercados locales es deficiente, y por el lado económico no es muy accesible por todos los constructores. Este problema se soluciona planteando una máquina para elaborar fibras de acero onduladas de alambre galvanizado, ya que dicho alambre es comercializado y distribuido en grandes cantidades.

El segundo problema que presenta el concreto fibroreforzado es la consistencia de la mezcla, que por consecuencia trae poca trabajabilidad del concreto (URIBE, 2017). Este problema se soluciona con la adición de un aditivo plastificante al diseño de mezcla, alterando la relación agua-material cementante, además de ello se asume que el aditivo plastificante ayuda a alcanzar resistencia de  $f'c$  en su totalidad antes de los 28 días de curado. También se plantea la posibilidad, que realizando un diseño óptimo de mezclas con aditivo plastificante se puede llegar a reemplazar un porcentaje de cemento.

El aporte de otras investigaciones que nos sirven como referencia por similitud y contribución a este proyecto de investigación, definido como **antecedentes**, a nivel **internacional** tenemos a los autores, (FLORES, et al., 2017), In the scientific paper **titled** "Mechanical and Thermal Properties of Concrete Incorporating Rubber and Fibers from Tire Recycling", this scientific article Its **objective** is to test specimens of rubber-reinforced concrete and steel fibers from tire recycling, and analyze their thermal and chemical properties. mechanical The **instrument** used in this investigation was of an experimental nature where specimens of rubber-reinforced concrete and steel fibers of tire recycling were tested in different percentages for a mix design. The specimens were subjected to compression, bending and impact. It was **concluded** that the specimens of reinforced concrete with rubber and steel fibers of recycling of truck tires have an increase in ductility, greater resistance to bending and compression. The **contribution** of the scientific article by Medina and colleagues, with respect to this research project, is the influence that steel fibers have on recycled tires when they are added to concrete, so that the physical and mechanical properties of concrete are analyzed. authors give us an important fact, that the concrete reinforced with rubber and steel fibers of recycling of truck tires have an increase in ductility, greater resistance to bending and compression. Which leads us to discuss the author and perform a comparative analysis with respect to this research.

(CARRILLO, y otros, 2016), en el artículo científico **titulado** "Ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero" el **objetivo** de este artículo es determinar el desempeño a flexión que tienen las probetas y muestras de concreto reforzado con fibras de acero con diferentes dosificaciones, donde el concreto reforzado se aplicara a losas de viviendas. En esta investigación se utilizó un **método** experimental basado en, ensayos a flexión de 8 probetas en forma de losas de concreto; donde 2 probetas de concreto se reforzo con 5 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero, 2 probetas con 9 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero, 2 probetas con 18 kg/m<sup>3</sup> y 2 especímenes de concreto simple. Por otra parte, se ensayaron 36 probetas cilíndricas y 12 probetas rectangulares, con el fin de determinar la resistencia a la compresión, tensión indirecta, flexión y módulo de elasticidad. Carrillo y Silva llegan a la **conclusión** que, al aumentar la dosificación de fibras de acero las deflexiones en las cargas máxima y última, y la tenacidad en la falla de las losas incrementaron significativamente. El módulo de elasticidad disminuye cuando se aumenta el porcentaje de filamentos, debido a que las fibras desplazan volúmenes de agregado grueso. El **aporte** de Carrillo, y Silva, con respecto a este proyecto de investigación, es la teoría y datos mediante su método

experimental para ensayar probetas a flexión, cuyo ensayo también se realizará en el presente proyecto, por lo que podemos discutir a los autores.

(CARRILLO, y otros, 2015), en el **artículo científico** “Efecto del ion cloruro sobre las propiedades mecánicas a compresión del concreto reforzado con fibras de acero RC-65/35-BN” esta investigación tiene como **objetivo**, analizar probetas cilíndricas de hormigón reforzado con fibras metálicas, expuestas a dos diferentes ambientes corrosivos, los especímenes fueron analizados en el estado endurecido, compresión, tracción y flexión. Se llevó a cabo el **método** experimental ensayando 54 probetas cilíndricas de concreto reforzado con fibra de acero, donde la dosificación de fibras de acero fue de 27.5 y 60 kg/m<sup>3</sup>. 18 probetas fueron sumergidas en agua, 18 en solución ion cloruro al 3.5 % y 18 probetas en condiciones ambientales normales, cada grupo de probetas permaneció en su medio durante el periodo de 60 días. Pasado el periodo de 60 días, se observó una pérdida promedio de probetas del 2 % en la resistencia a compresión, reducción de 6 % del módulo de elasticidad y un incremento del 13 % en la relación de Poisson. Con estos resultados se llegó a la **conclusión** que, en el periodo de 60 días, considerado corto, la corrosión no afecta en gran escala al concreto reforzado con fibra de acero. El **aporte** del artículo científico de Carrillo, Cárdenas, y Aperador, con respecto a este proyecto de investigación, es que los autores sustentan que la corrosión no afecta en gran escala al concreto reforzado con fibra de acero, lo cual es un aspecto positivo, porque en este proyecto se utilizaran fibras de acero para reforzar al concreto.

(DE LIMA, et al., 2014), In the scientific article "Shear Strength of Steel Fiber-Reinforced Concrete Beams", this research has as main **objective** to analyze the mechanical behavior of fibro-reinforced concrete with steel fibers with hook-shaped termination, with aspect ratio of 65, dosages 1.0 % and 2.0% on the weight of the concrete, carrying out the experimental **method**, the variables were manipulated, testing specimens of reinforced concrete with steel fibers subjected to shear resistance by shear load until failure, with a sample of 6 prismatic test tubes in the form of a beam. It is **concluded** that the test pieces in the form of beams reinforced with steel fibers tested to shear, presents approving results with a resistance to shear superior to that of a concrete beam without reinforcement, which determines that the fibers embedded in the concrete reduce the width of the crack when cracking occurs, all these results are summarized in the decrease of reinforcing steel and abutments in reinforced concrete structures. **The contribution** of the scientific article presented in relation to this



research project is to contribute to the dosages of concrete fibers, as well as to determine the aspect ratio, and to define some indicators.

Traducido al español el proyecto de, (DE LIMA, et al., 2014), en el **artículo científico** “Shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams”, esta investigación cumple con el **objetivo** de evaluar las propiedades en el estado endurecido del hormigón fibroreforzado con fibras de acero con terminación en forma de ganchos, con relación de aspecto de 65, de dosificaciones 1.0% y 2.0% respecto al peso del concreto, llevándose a cabo el **método** experimental, se manipulo las variables, ensayando especímenes de concreto reforzado con fibras de acero sometidas a resistencia a la cortante mediante carga de cizallamiento hasta el fallo, con una muestra de 6 probetas prismáticas en forma de viga. Se llega a la **conclusión** que, las probetas en forma de vigas reforzados con fibras de acero ensayadas a cortante, presenta resultados aprobatorios con una resistencia al cortante superior a la de una viga de concreto sin refuerzo, con lo que se determina que, las fibras embebidas en el concreto reducen el ancho de la grieta cuando se produce agrietamiento, todos estos resultados se resumen en a la disminución de acero de refuerzo y estribos en estructuras de concreto armado. El **aporte** del artículo científico presentado con relación a este proyecto de investigación es, contribuir en las dosificaciones de las fibras de concreto, como también para determinar la relación de aspecto, y definir algunos indicadores.

(CARRILLO, y otros, 2014), en el artículo científico **titulado** “Evaluación del desempeño a tensión por compresión diametral del concreto reforzado con fibras de acero ZP-306” el **objetivo** de esta investigación es ensayar especímenes de concreto reforzado con fibras de acero ZP-306 y especímenes con concreto simple, para analizar la resistencia a tensión por compresión diametral. El **instrumento** que se utilizó en esta investigación fue experimental donde se realizaron ensayos a 52 probetas cilíndricas de concreto reforzadas fibras de acero Dramix ZP-306, posteriormente se elabora un análisis estadístico para comparar los resultados. Los autores llegan a la **conclusión** que la resistencia a tensión por compresión diametral que tienen las probetas de concreto reforzado con fibra de acero Dramix ZP-306 son mayor a la de concreto simple, por ello se recomienda usar en los muros de concreto para vivienda de interés social y comercial de uno o dos pisos. El **aporte** del artículo científico de Carrillo, Barrera y Acosta, con respecto a este proyecto de investigación, es la teoría y datos mediante su método experimental para ensayar probetas a tensión, mediante el ensayo de compresión diametral, este ensayo también se ejecutará en la presente

investigación, por lo que se puede apreciar su desarrollo y realizará la comparación de resultados.

(MÁRMOL Salazar, 2010), en su investigación que lleva como **título** “Hormigones con fibras de acero, características mecánicas”, el **objetivo** de la investigación fue recopilar resultados referentes a la adición de fibras en el hormigón, los 3 tipos de fibras más utilizados (acero, vidrio y polipropileno), para poder realizar una comparativa de los ensayos de los diferentes autores, priorizando las características mecánicas del hormigón con fibra de acero. El **diseño de investigación** es documental. Finalmente, el autor **concluye** lo siguiente, que dependiendo el tipo de adición de fibra varía el comportamiento mecánico del concreto, referente al concreto con fibra de acero pueden trabajar estructuralmente, pero no puede sustituir al acero convencional, además mejora la resistencia y transforma el comportamiento de rotura frágil a rotura dúctil. El **aporte** de la tesis de Master de Salazar, para esta investigación es, contribuir a la elección del tipo de fibra que se va a evaluar, determinando a la fibra de acero como variable independiente, referido a esto, Salazar indica que, que dependiendo el tipo de adición de fibra varía el comportamiento mecánico del concreto, referente al concreto con fibra de acero pueden trabajar estructuralmente, pero no puede sustituir al acero convencional.

El aporte de otras investigaciones que nos sirven como referencia por similitud y contribución a este proyecto de investigación, definido como **antecedentes**, a nivel **nacional y local** tenemos a los autores, (CARRANZA, 2018), en su tesis **titulada** “Aplicación de fibras de acero para mejorar el comportamiento mecánico del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en losas industriales en el distrito de Huarochirí-Lima” el **objetivo** del investigador es, ensayar especímenes de concreto incorporando fibras de acero comerciales, sometiénolas a compresión, tracción y flexión, para analizar sus comportamientos mecánicos. Donde el diseño de mezcla final será instalado en losas de S.J.L ubicados en el distrito de Huarochirí. Utilizando **instrumento** de carácter experimental, se llevó a cabo el ensayo de 72 especímenes cilíndricas y 48 vigas, de concreto reforzadas con fibra de acero comercial con variados porcentajes, utilizando un grupo de probetas de concreto simple como muestra patrón. Carranza **concluye** que, aumenta considerablemente la tracción del concreto en un 36%, en cuanto a la flexión mejora en un 95%, al incorporar en el diseño de mezcla un 5.2% de fibra de acero comercial. El autor concluye también, que se observa una pérdida de trabajabilidad de 50% con un refuerzo de 5.2% de fibras de acero comercial. El **aporte** de

esta tesis para esta investigación es, proporcionar teorías y datos reales de laboratorio de concreto simple con fibras comerciales, las propiedades ensayadas en el concreto en un estado endurecido fueron, compresión, tracción y flexión, por otra parte, contribuye para la elección de la muestra en esta investigación. Ya que tiene características similares a este proyecto.

(VÁSQUEZ, 2018), en su investigación **titulado** “Incremento de la resistencia flexional del concreto mediante la aplicación de fibras de acero de neumáticos reciclados en la ciudad de Lima 2018”, el **objetivo** del trabajo de investigación, fue determinar de qué manera influye el alambre de las llantas que están en desuso cuando son agregados al concreto, priorizando las propiedades físicas y químicas, también el trabajo y diseño del concreto. El **diseño de investigación** a utilizar es el experimental. La **conclusión** del autor es que la aplicación del alambre de acero de las llantas al diseño de mezcla influye en el desempeño de  $f'c$  de un 12% respecto al concreto sin fibras, además permite minimizar la cantidad de acero ya sea en vigas o losas. El **aporte** de esta tesis, siendo una tesis experimental, es la influencia que tiene el alambre de acero de las llantas en desuso cuando son agregados al concreto, analizando al concreto en los estados fresco y endurecido, Vásquez nos da un dato importante, que la incorporación de alambre metálico incrementa la  $f'c$  en un 12% más que un concreto convencional. Nos conduce a utilizar alambre para resolver la problemática del estudio.

(ARCONDO , y otros, 2017). En su tesis **titulado**, “Evaluación comparativa de la resistencia a la tracción y revenimiento de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionado con fibras de alambre galvanizado en forma de púas vs rectilíneas con ganchos, en porcentajes de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%”, el **objetivo** principal de este trabajo de investigación fue realizar una análisis comparativo de especímenes de concreto con aplicación de alambre en forma de púas y alambre en forma recta con gancho en los extremos, los cuales se elaboraron manualmente, en el estado fresco se evaluó el revenimiento del concreto (prueba de slump), mientras que el estado endurecido se evaluó la resistencia a tracción de los especímenes. Se utilizó el **método** experimental debido a que se manipulo las variables, el concreto fibroreforzado con ambas fibras se analizaron en diferentes dosificaciones con variaciones en porcentajes de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%, ensayadas a tracción a diferentes tiempos de fraguado, donde su población fue de 144 especímenes cilíndricos. Los autores llegaron a la **conclusión** que, los especímenes de concreto fibroreforzado con alambres de púas galvanizado en un 2.0% y el

espécimen de concreto embebido con fibra de tipo anclaje en un 1.5%, tienen una resistencia traccional superior comparada a una probeta de concreto sin refuerzo, por otro lado, se llegó a la conclusión que, mientras mayor sea el porcentaje de hebras incluidas al concreto, menor será su trabajabilidad. El **aporte** de la tesis de ARCONDO, y otros, con respecto a este proyecto de investigación es, colaborar para definir los indicadores por presentar similitud de variables, por otro lado, ayudara a definir las dimensiones de la fibra en cuanto al diámetro y longitud, debido a que en esta investigación se utilizara fibras de acero galvanizadas.

(ARAGON, y otros, 2017), cuya tesis lleva por **título** “Influencia de las fibras en el shotcrete en su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión”, el **objetivo** del trabajo de investigación fue determinar la influencia que se genera al adicionar las fibras metálicas y sintéticas en el shotcrete, para poder determinar la capacidad de absorción de energía y la resistencia a la flexión mediante el análisis del comportamiento estructural y mecánico. Se utilizó el **método** experimental. Finalmente, el autor **concluye** que la adición de fibra disminuye la trabajabilidad y bombeabilidad del concreto, también se concluye que el mejor diseño óptimo, analizando la trabajabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, absorción de energía se puede lograr con 30kg/m<sup>3</sup> de fibra metálica y 6kg/m<sup>3</sup> de fibra sintética. El **aporte** de la tesis de Aragon y Cornejo, en este proyecto de investigación es que nos brinda un panorama amplio de los veneficios de los filamentos metálicos sintéticas en la incorporación del diseño de mezcla, por otra parte, indica que el hormigón se vuelve menos trabajable y bombeable, lo que nos lleva a tener precauciones en el presente proyecto en las propiedades físicas de concreto fibroreforzado.

(URIBE, 2017), cuya tesis lleva por **título**, “Influencia de las fibras WirandFF1®, en las características físicas y mecánicas del concreto f'c 28Mpa, en el distrito de Lima, 2017”, el **objetivo** del investigador, es hallar la influencia que genera la adiciona de hebras Wirand® FF1 al hormigón. El investigador realiza la adición de filamentos comerciales para luego analizar las propiedades del hormigón de los especímenes. Utilizando el **método** experimental, los instrumentos utilizados fueron las fichas técnicas, check list, reporte de laboratorio y máquina para ensayos de resistencia. El autor, **concluye** lo siguiente, al incluir las fibras Wirand® FF1 embebidas en el concreto, disminuye el slump un 25% a comparación del hormigón simple. El peso de los agregados varia en un 0.3% respecto al diseño inicial. La resistencia mecánica (resistencia de compresión, tracción y flexión) mejora considerablemente, cuando se le agrega fibras de acero Wirand® FF1 en una adición mayor

o igual a 25 kg/m<sup>3</sup>. El **aporte** de esta tesis es, proporcionar teorías y datos reales de laboratorio de las propiedades del concreto embebido con filamentos comercial WirandFF1®, las propiedades ensayadas en el concreto en un estado endurecido fueron, compresión, tracción y flexión, y las propiedades en estado fresco es la consistencia, indicando que tiene una disminución de trabajabilidad de hasta 25% a comparación del diseño de mezcla en un concreto convencional, por lo que nos lleva a tomar consideraciones en las propiedades físicas del concreto fibroreforzado. Ya que ambas investigaciones tienen características similares.

(PACHECO, 2016), en su trabajo de tesis, que lleva por **título** “Resistencia A Compresión Axial Del Concreto  $f'_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$  Incorporando Diferentes Porcentajes De Viruta De Acero Ensayadas A Diferentes Edades, UPN – 2016”, investigación que tiene como **objetivo**, determinar el  $f'_c$  axialmente del hormigón  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  embebido en diferentes porcentajes de virutas 2%, 4% y 6%, dichos ensayos se realizaron a diferentes edades 7, 14 y 28 días. El **tipo de investigación** fue el experimental. Finalmente, el autor **concluye** lo siguiente, el concreto con la incorporación de viruta de acero, presentan una mayor resistencia que el concreto convencional ensayado a los 7, 14 y 28 días. El **aporte** de la investigación de Pacheco a este proyecto de investigación, es tener las consideraciones de las edades en los que se debe ensayar el concreto fibroreforzado en cuanto a la resistencia a la compresión, ya que se considera a la viruta metálica como un tipo de fibra de acero.

(SÁNCHEZ, 2009), investigación **titulada** “Estudio de las características del concreto con inclusión de fibras metálicas y cemento”, investigación que tiene como **objetivo**, encontrar las comparaciones de las cualidades y características del hormigón, en sus diferentes estados. Dosificando diferentes proporciones de filamentos sintéticos. Las proporciones de fibras fueron de 10, 15 y 20kg/m<sup>3</sup>. Se utilizó un **método** experimental, fueron utilizados los siguientes **instrumentos**: fichas técnicas, reporte de laboratorio, máquina para ensayo. Finalmente se **concluye** lo siguiente, a mayor dosificación de fibras metálicas que se le adiciona al concreto, estando en diferentes relaciones de agua/cemento, será menor el valor del asentamiento y porcentaje de fluidez. Se disminuye la exudación a mayor dosificación de fibras metálicas. El tiempo de fraguado inicial y final disminuye en un 7% y 4% respectivamente. También se obtuvieron resultados de análisis mecánico los valores incrementan. El **aporte** es, tener consideración que será menor el valor del asentamiento y porcentaje de fluidez en el concreto fibroreforzado, y que se disminuye la exudación a mayor

dosificación de fibras metálicas, estos dos indicadores corresponden a las propiedades físicas del concreto.

En **teorías relacionadas al tema**, tenemos definiciones de las variables independiente y dependiente, donde se define y explica cada uno de las dimensiones e indicadores.

Las fibras de acero según, (ASTM C 1116 , 2015) y (LAMUS, et al., 2011), hebras pequeños de metal y se relaciona directamente por el largo y el diámetro, a esto se le llama relación de aspecto, que varía entre los valores de 20 a 100, generalmente las fibras de acero son de bajo contenido de carbón.

**Dosificación de concreto fibroreforzado con fibras**, definida por, (MACCAFERRI, 2015 pág. 9). Las fibras son hebras de acero que se caracteriza por su geometría, es decir, por su longitud, la forma de su sección transversal (cuadradas, circulares o irregulares) y las diferentes formas que pueden adoptar las fibras de acero (con canchos a los extremos, rizadas en espiral o rectas), estas fibras son utilizadas en el rubro de la construcción, generalmente, como refuerzo para el concreto, y así mejorar las propiedades mecánicas. Su uso es más eficaz en losas, pisos o pavimentos debido a que estos elementos tienden a agrietarse por la contracción del concreto. La dosificación es la proporción de fibras que se incorpora al concreto, se expresan en % o kg/m<sup>3</sup> de concreto, y dependerá de las dimensiones y características de la fibra.

El hormigón fibroreforzado es una mescolanza homogénea conformada por: cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso, agua y fibras, hebras o filamentos dispersas en toda la masa de concreto. El aporte que tiene el concreto fibroreforzado a elementos estructurales es, mayor energía de rotura, y sustituye de manera parcial o completa a las armaduras de acero. En el caso del aporte no estructural, el concreto fibroreforzado presenta una resistencia a la fisura mayor que un concreto convencional puede brindar. (Committee ACI 544.1R-96, 2002), (DE RIVAZ, 2011) y (NATARAJAN, 2017).

El Colegio de Ingenieros del Perú indica que, las fibras de acero buscan reemplazar parcialmente o en su totalidad al acero de refuerzo estructural, y lo más resaltante es que no necesita instalación previa lo cual trae como consecuencia, un aumento de rendimiento, por otra parte, se obtiene un incremento de la durabilidad.

Cuando en el concreto con reforzamiento de hebras se producen micro fisuras, los esfuerzos de tracción del concreto se desplazan hacia las fibras, deteniendo la fisuración y se obtiene una mejora en la tenacidad. (MORENO, y otros, 2013)

En los actuales códigos de diseño de resistencia a la tracción de concreto se asume como despreciable a causa de su conducta frágil, incorporando fibras al diseño de mezclas la resistencia a la tracción se logra estabilizar, con las ventajas que nos ofrecen las fibras en el concreto podemos asumir valores en el diseño a tención. (BOADA, y otros, 2012)

Los **tipos de fibras** que rigen y se comercializan actualmente se clasifican en función de la materia prima con la que son elaboradas. En el siguiente esquema (*Figura 2*), que pertenece al Manual Técnico de Maccaferri se mostrara la clasificación de fibras realizada por BISFA.

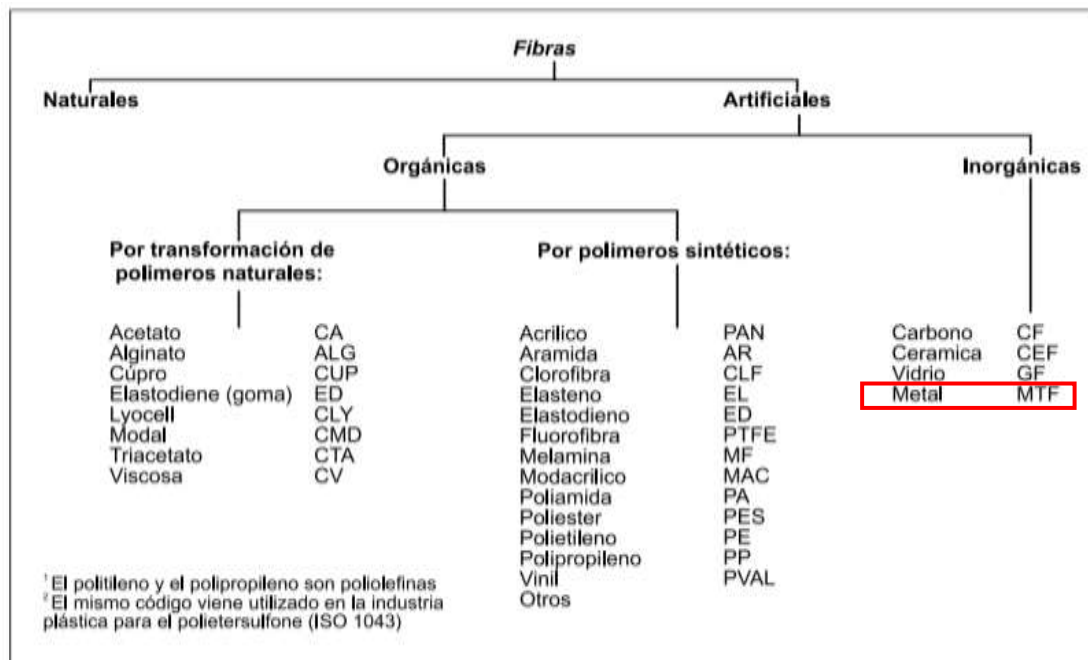


Figura 2: Clasificación de fibras

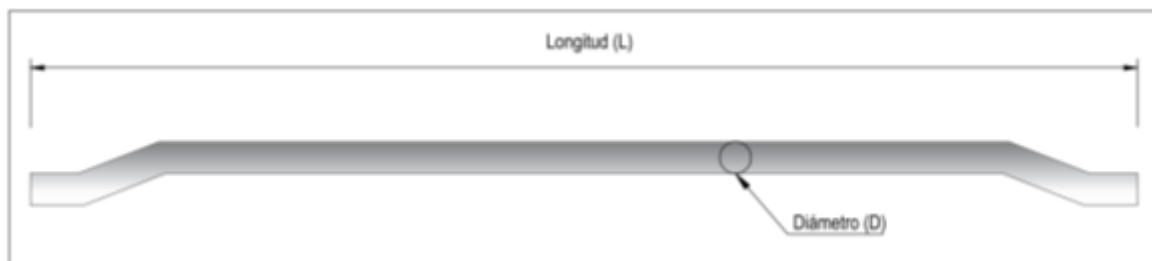
En la *Tabla 1* se muestran las cualidades y características de diferentes clases de fibras, Cuadro que corresponde al Manual Técnico de Maccaferri.

**Tabla 1:** *Propiedades de las fibras*

Fibras	Diámetro (μm)	Densidad (10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> )	Modulo elástico (kN/mn <sup>2</sup> )	Resistencia a tracción (kN/mn <sup>2</sup> )	Elongación a ruptura (%)
Acero	5 - 500	7,84	200	0,5 - 2	0,5 - 3,5
Vidrio	9 - 15	2,60	70 - 80	2-4	2 - 3,5
Amianto	0,02 - 0,04	3,00	180	3,30	2 - 3
Polipropileno	20 - 200	0,90	5 - 7	0,5 - 0,75	8
Nylon	-	1,10	4	0,90	13 - 15
Polietileno	-	0,95	0,30	0,0007	10
Carbono	9	1,90	230	2,60	1
Kevlar	10	1,45	65 - 133	3,60	2,1 - 4
Acrílico	18	1,18	14 - 19,5	0,4 - 1	3

Fuente: MACAFERRI, 2015

La **relación de aspecto**,  $\lambda = L / D_e$ , se obtiene de la relación de la longitud representada por la letra L, sobre el diámetro equivalente representada con las letras De, sumado la forma de la fibra, conformaría la caracterización geométrica. Véase en la *Figura 3* la relación de aspecto, proporcionada por el Manual Técnico Maccaferri. Donde L y D expresados en milímetros (mm) se medirá según muestra la *Figura 3*.

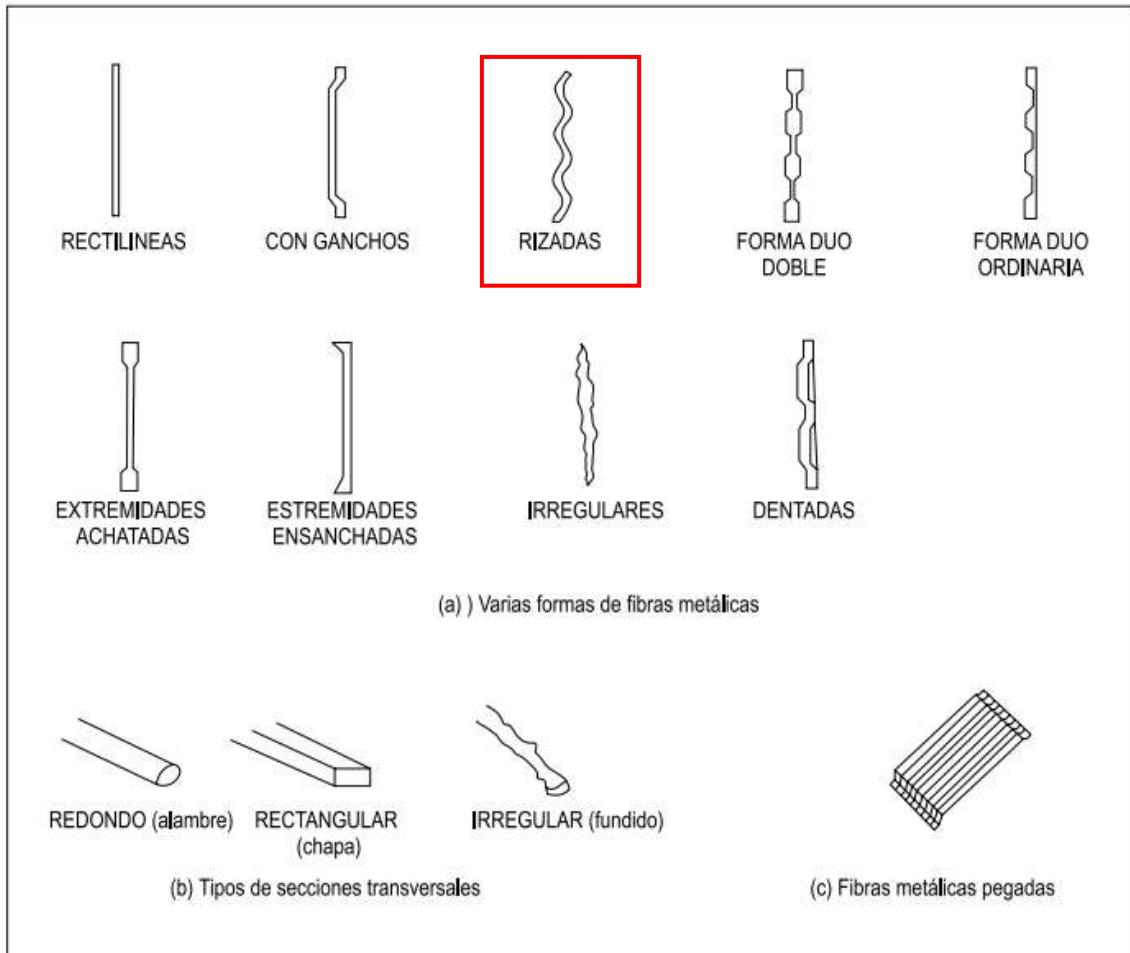


*Figura 3:* Relación de aspecto



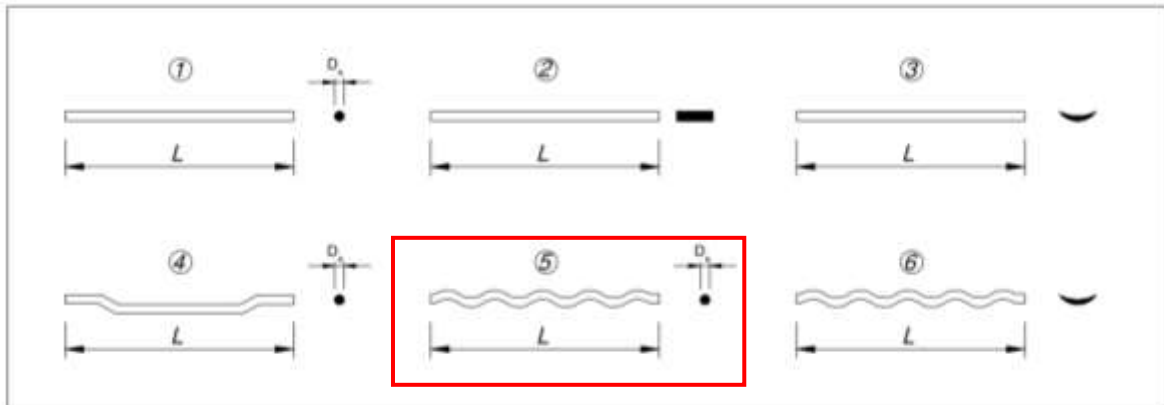
**Axialmente**, la forma puede ser rectilínea cuando la fibra de acero presenta deformaciones en el eje ubicados a menos de  $L / 30$  y no mayor del diámetro equivalente se le denomina fibra rectilínea. Por otra parte, pueden ser perfilados en forma de canchos, rizada o irregular. Véase en la **Figura 4**.

La distancia de la longitud  $L$  (mm) es la distancia de extremo a extremo de la fibra.



*Figura 4:* Sección longitudinal de la fibra

**Transversalmente;** la fibra de acero puede tener sección circular, rectangular, media luna, variada o irregular, véase en la *Figura 5*



*Figura 5:* Sección de la fibra

### Diámetro equivalente De

Según el manual técnico de Maccaferri, el **diámetro equivalente De** es determinado según su forma transversal y el proceso productivo por el que pasa la fibra, expresado en milímetros (mm). A continuación, se mostrará los diferentes métodos para determinarlo.

### Método directo

Para fibras de acero provenientes de alambres el diámetro equivalente **De** es el mismo que el diámetro nominal del alambre, asumiendo la fibra acabada en el caso de tener algún tipo de revestimientos. Este aplica para cualquier forma longitudinal que adopte la fibra, ya sea rectilínea, con ganchos, rizadas, irregulares, entre otros. A continuación, se muestra la siguiente formula de Diámetro equivalente **De**.

$$D_e = D_n \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

**De** = Diámetro equivalente

**Dn** = Diámetro nominal

### Método indirecto geométrico

Para fibras de acero de chapa el diámetro equivalente **De** es el mismo que el diámetro del círculo, asumiendo la fibra acabada en el caso de tener algún tipo de revestimientos. Este aplica para cualquier forma longitudinal que adopte la fibra, ya sea rectilínea, con ganchos, rizadas, irregulares, entre otros. A continuación, se muestra la siguiente formula de Diámetro equivalente **De**, dado por el método indirecto geométrico.

$$D_e = \left(4 \cdot \frac{A}{\pi}\right)^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

**De** = Diámetro equivalente

**A** = Área de la sección

**π** = 3, 1416

Se muestra la fórmula de **A** expresado en milímetros al cuadrado (mm<sup>2</sup>).

$$A = w \cdot t \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

**A** = Área de la sección

**W** = Ancho de la sección transversal de la fibra de acero

**t** = Espesor de la fibra de acero

### Relación de aspecto $\lambda$

Según el manual técnico de Maccaferri la  $\lambda$  se calcula de la división del largo representada por la letra **L**, sobre el diámetro equivalente representada con las letras **De**, este último puede calcularse mediante el método directo o el método indirecto geométrico.

$$\lambda = \frac{L}{D_e} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

$\lambda$  = Relación de aspecto

**L** = Longitud de la fibra medida de extremo a extremo, sin importar la forma que este adopte

**De** = Diámetro equivalente

### Revestimiento de la fibra de acero

Para que los filamentos de acero tengan durabilidad en aplicaciones de hormigón que están expuestos a ambientes corrosivos o agresivos, se le puede aplicar revestimiento superficial de zinc, con esto se logra una fibra de acero galvanizada. A continuación, se muestra una tabla en la que indica el recubrimiento mínimo que debe tener la fibra de acero que se establece en función al diámetro. Véase en el *Tabla 2*.

**Tabla 2:** *Revestimiento mínimo de zinc de las fibras de acero.*

Diámetro (mm)	Masa del revestimiento mínimo (g/m <sup>2</sup> )
$0,15 \leq D_e < 0,50$	15
$0,50 \leq D_e < 0,80$	20
$0,8 \leq D_e < 1,20$	25

Fuente: MACAFERRI, 2015

La norma ASTM A820 nos indica las **tolerancias** que deben tener las fibras según las propiedades como: Largo, Diámetro equivalente y relación Longitud Diámetro (relación de aspecto), de estos se indican, la desviación del valor individual en relación al valor declarado y la desviación del valor medio en relación al valor declarado. Donde el porcentaje de conformidad no deberá ser menos al 90 % del total de todas las muestras individuales. (ASTM A 820 – 96)

**Tabla 3:** Tolerancias sobre las dimensiones según la norma americana

ASTM A820 - Tolerancias			
Propiedad	Símbolo	Desviación del valor individual en relación al valor declarado	Desviación del valor medio en relación al valor declarado
Longitud	L	± 10%	± 10%
Diámetro equivalente	$D_e$	± 10%	± 10%
Relación Longitud / Diámetro	$\lambda = L/D_e$	± 15%	± 15%

Fuente: MACAFERRI, 2015

### Fibras De Acero Onduladas

(EDING APS, 2019), nos proporciona algunas características de las fibras onduladas comerciales de sección circular (Tabla 4).

**Tabla 4:** Características de las fibras onduladas

Sección Circular	
Límite elástico aprox.	1100 N/mm <sup>2</sup> - 1400 N/mm <sup>2</sup>
Punto de fusión aprox.	1500°C
Longitud	A= 20-70mm +/- 2,0mm
Diámetro	D= 0,40-1,30 mm +/- 0,2 mm
Longitud de la onda	B= 7,0mm +/- 1,0mm
Amplitud	C= 2,0mm +/- 1,0mm
Angulo de la onda	min. 45°C

Fuente: (EDING APS, 2019)

(Committee ACI 544.1R-96, 2002). Indica que, la producción de fibras de sección transversal redondas y rectangulares o cuadradas, se realizan por medio de corte de alambre, por otra parte, el deformado de las fibras en formas de aplanar o generar ondas, se ejecutan con el objetivo principal de aumentar la unión mecánica y se genera un incremento de resistencia al deslizamiento sobre la masa de concreto. Las fibras de acero comerciales oscilan en un diámetro de 0.010 a 0.039 pulgadas, que es equivalente a 0.25 – 1.00 milímetro.

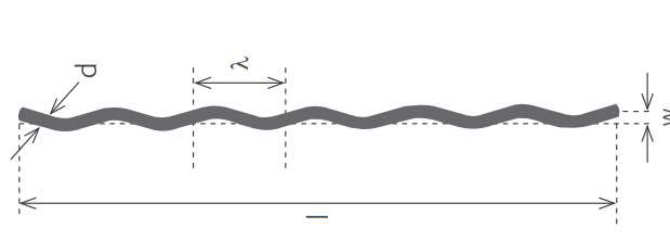
(Committee ACI 544.1R-96, 2002). Indica que, si se incorpora filamentos para reforzar el hormigón es indispensable las propiedades físicas de la fibra, por otro lado, el ACI afirma que, la relación de aspecto es importante, done la relación de aspecto de las fibras de acero comerciales oscilan entre 20 y 100, con una dimensión de longitud variante entre 0.25 – 3 pulgadas, equivalente a 6,4 – 76 milímetros.

Para este proyecto de investigación se utilizó como material principal el **alambre galvanizado de calibre 16** para la elaboración de las fibras, que cuenta con un diámetro de 1.65 milímetros, se eligió el calibre 16 porque el diámetro guarda relación con las fibras de acero comerciales, tales como la de *Tabix+ 1/60* (ARCELORMITTAL, 2011), donde en su ficha técnica (**anexo n°16**) nos presenta las dimensiones y características de la fibra, mostradas en la siguiente *Tabla 5*.

**Tabla 5:** Dimensiones y Características de la fibra *Tabix+ 1/60*

Dimensiones y Características de la fibra <i>Tabix+ 1/60</i>	
Diámetro del alambre (d)	1.00 mm ( $\pm 0.04$ mm)
Longitud de fibra (L)	60.0 mm (+ 2 / -3 mm)
Profundidad de onda (w)	0.40 - 0.65 mm
Longitud de onda (l)	8.00 mm
Relación de aspecto (L / d)	60
Resistencia a la tracción del alambre estirado	1500 N / mm <sup>2</sup>

Fuente: (ARCELORMITTAL, 2011)



*Figura 6:* Dimensiones de la fibra *Tabix+ 1/60*

Para las características del alambre galvanizado calibre 16, la distribuidora (COVAL), en su ficha técnica (**anexo n°15**) nos muestras las dimensiones y características del alambre galvanizado, (*Tabla 6*).

**Tabla 6:** *Características y Dimensiones del Alambre Galvanizado*

ALAMBRE GALVANIZADO						
CALIBRE BWG	DIAMETRO (mm)	TOLERANCIA (mm) (+, -)	CAPA DE ZINC (g/m <sup>2</sup> )	RESISTENCIA TRACCION (kgf/mm <sup>2</sup> )	METROS/TONELADA Aprox.	PESO APROX. (Kilos)
6	5,16	0.04	60	39-37	6.094	90
8	4,19	0.04	60	39-47	9.242	90
9	3,76	0.04	60	39-47	11.476	90
10	3,40	0.04	80	39-47	14.035	90
11	3,05	0.04	70	39-47	17.442	90
12	2,77	0.04	70	39-47	21.146	90
13	2,41	0.04	60	39-47	27.935	90
14	2,11	0.04	60	39-47	36.443	90
15	1,83	0.04	60	39-47	48.449	90
16	1,65	0.04	60	39-47	59.596	90
18	1,24	0.04	40	39-47	105.486	90

Fuente: (COVAL)

El alambre galvanizado se ondulo mediante una **herramienta de autoría propia** y se cortó de manera manual mediante una cizalla, que se muestra en los siguientes capítulos, donde el producto final es las fibras onduladas. Para la **dosificación de las fibras**, se utilizó como dosificación media las recomendadas por los fabricantes de fibras comerciales tales como, (HERU) y (CONFIBRA) que coinciden en la dosificación de **15 kg/m<sup>3</sup>**, en tal sentido se analizó las dosificaciones de **+/- 5 kg/m<sup>3</sup>** (kilogramos de fibra con relación al metro cúbico de concreto), teniendo como resultado tres dosificaciones para el análisis, la primera dosificación de **10 kg/m<sup>3</sup>**, la segunda dosificación de **15 kg/m<sup>3</sup>** y la tercera dosificación de **20 kg/m<sup>3</sup>** de fibras onduladas de alambre galvanizado para reforzar al concreto. Además, se tuvo en cuenta las consideraciones para la dosificación de la norma estadounidense (ACI 544.3R-08, 2008).

Antes de definir los conceptos de las propiedades del concreto es necesario conocer los **materiales que lo componen al concreto**, utilizando como material cementante al cemento portland **Tipo I**, debido a que es el tipo de cemento más utilizado en la industria de la construcción.

**Cemento Pórtland;** según a las normas, NTP 334.082 Definiciones y nomenclatura, es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda. (BUSTAMANTE, 2017 pág. 354)

Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso

**Agregado;** según (RNE), el agregado es un material que complementa al concreto, este material puede ser de origen natural, obtenidas en las canteras, o de origen artificial, residuos de algún material fabricado o materia prima transformada. Siendo un material en forma de granos.

El agregado denominado hormigón, es un material que se utiliza como materia prima y en estado natural de extracción compuesto por grava y arena. Por otra parte, existen dos tipos de agregados para el concreto, el fino, que es el material pasante por la malla 9,5mm, mientras que el agregado grueso, son los granos de piedra retenida en el tamiz de 4.75 mm siendo el tamiz número N°4. (BUSTAMANTE VÁSQUEZ, 2017)

**Agua;** según (RNE), indica que para la mezcla y el curado de concreto deberá emplearse agua potable, si no se cuenta con este recurso, para utilizar agua no potable deberá cumplir lo siguiente: estar limpias y sin contaminantes como aceite, ácidos, sales, petróleo, en resumen, libres de sustancias tóxicas y algún material orgánico o inorgánico, que puedan ser perjudiciales al concreto y acero. En cuanto a la resistencia de concreto elaborado con agua no potable, en los ensayos que se realicen, los especímenes deben presentar el 90% de su resistencia a los 7 y 28 días, además de ello, se deben comparar con resultados de especímenes de concreto elaborado con agua potable. (BUSTAMANTE, 2017 pág. 356)

**Aditivos;** según (RNE), indica que los aditivos utilizados para la preparación del concreto, ya sea en líquido o en polvo, que son vertidos antes o durante el mezclado del concreto deben ser aprobados por la supervisión y someterse a pruebas antes de determinar su uso. Indicando y demostrando, además, que el aditivo empleado no debe alterar de manera negativa, las propiedades del concreto, manteniendo así la misma composición. (BUSTAMANTE, 2017 pág. 357)

(RNE), define al Aditivo como, material en estado líquido o sólido (polvo), a parte y diferente de los agregados gruesos, finos agua y material cementante, que es vertido al



concreto en momento de la preparación modificando las propiedades del concreto. (BUSTAMANTE VASQUEZ, 2017 pág. 354)

Es este proyecto de investigación busca incorporar fibras de acero galvanizado en forma onduladas, el concreto reforzado con fibra tiene un déficit, en el cual Uribe de la Cruz, sostiene que, se disminuye la trabajabilidad al incorporar filamentos a la mezcla convencional. Bajo el argumento que sostiene Uribe en concordancia con otros autores, surge la necesidad de adherir un aditivo plastificante al diseño de mezcla del concreto fibroreforzado.

(LABÁN, 2017), sostiene que, el aditivo plastificante ayuda a mantener una trabajabilidad en la mezcla, además, se genera un aumento de  $f'c$  y se puede obtener 100% de  $f'c$  antes de los 28 días de curado.

El aditivo súper plastificante nos permite reducir la relación agua/cemento, con ello se obtiene un ahorro en el costo del cemento. Labán sostiene que, si se reduce agua al diseño de mezcla incorporado aditivo súper plastificante, obtenemos un mayor  $f'c$  comparado con un concreto simple, lo cual nos permite reducir agua y cemento obteniendo la misma resistencia que un concreto sin aditivo súper plastificante.

En esta investigación, se utilizó el aditivo súper plastificante Sikament® NP-140 para evitar la poca trabajabilidad que nos genera la incorporación de fibras de acero onduladas.

Según la ficha técnica de sika Perú, Sikament® NP-140 (**anexo n°12**), es un aditivo plastificante de alto rango que tiene dos usos o funciones, el primero es aditivo plastificante y el segundo en mayor proporción del aditivo se puede determinar un aditivo súper plastificante, viene en presentación líquida, de color pardo oscuro, con una densidad de 1.19 – 1.25 kilogramos por litros. Sikament® NP-140 proporciona beneficios en el concreto en estado fresco, permitiendo la trabajabilidad del concreto, un bombeo óptimo del concreto y fácil colocación, logrando con esto, reducir cangrejeras en estructuras esbeltas. Por otra parte, proporciona un  $f'c$  más alta, estas resistencias se pueden apreciar a edades tempranas, consiguiendo una mejora considerable a comparación de un concreto convencional.

Para la variable dependiente, **propiedades del concreto**, tenemos las siguientes definiciones.

(PASCAL, 1998) y (MARTÍNEZ, et al., 2015), definen al **concreto** como una mezcla homogénea de materiales tales como el cemento, agua, agregados fino, agregado grueso y opcionalmente aditivos, cada componente del concreto debe tener una proporción adecuada para que rinda las propiedades esperadas, es muy importante la relación que existe entre el cemento y agua.

(GEOSEISMIC, 2017) y (MENDOZA, et al., 2011), definen a **las propiedades del concreto** como, cualidades básicas o características que puede adoptar el concreto dependiendo en el estado en el que se encuentre, GEOSEISMIC, hace mención y clasifica cuatro propiedades básicas del concreto. Las propiedades del concreto pueden variar dependiendo a las características y cantidades de materiales que lo componen (cemento, agregados y agua).

Para obtener un concreto de buena calidad y presente **propiedades físicas** optimas se debe tener en cuenta los parámetros que rige la norma (Committee ACI 544,5R-10, 2010)

(ASTM C172 / C172M - 17), indica cómo realizar el muestreo del concreto en estado fresco para su posterior análisis físico, ya sea consistencia, segregación y exudación, indicando, además, que todo ensayo y toma de muestra debe realizarse en los primeros 15 min inmediatos, después de ejecutarse la mezcla do del concreto.

**Consistencia, la unidad de medida es en pulgadas.** (CHAVEZ GAMARRA, 2012), esta propiedad del concreto se obtiene en estado fresco, después del mezclado de todos los materiales, la consistencia se define por el grado de humedad, lo moldeable y trabajable que puede llegar a ser la mezcla de concreto.

La consistencia se determinado por métodos indirectos, siendo el más común el cono de ABRAMS, especificado en (NTP 339.035, 1999), debido a su fácil y simple desarrollo de este método. Este método se ejecuta antes de colocar el concreto en los encofrados o en su destino final y esta estandarizado en todo el mundo, en las normas (ASTM C143/C143M - 15a) en los Estados Unidos y EN 12350-2 en Europa.

Los materiales:

- Molde metálico en forma cónica de 30 cm de altura, diámetro inferior de 20 cm y diámetro superior 10 cm
- Varilla de acero liso con punta semiesférica de 60 cm de longitud de diámetro 5/8"
- Cucharón
- Cinta métrica
- Cronometro

A continuación, se muestra la *Tabla 5* que corresponde al comité 221 del ACI, donde muestra los valores de asentamientos de concreto según el uso y el elemento a vaciar. (Committee ACI: 211.1-19, 2019)

**Tabla 7:** *Asentamientos de concreto según el uso y el elemento a vaciar*

Tipo de estructura	Slump Máximo	Slump Mínimo
zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentación simple y calzadas	3"	1"
Vigas de muros armados	4"	1"
columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"
El slump puede incrementarse cuando se usa aditivos siempre que no se modifique la relación agua/cemento ni exista segregación o exudación		
El slump puede incrementar 1" si no se usa vibrador al compactar		

Fuente: (Committee ACI: 211.1-19, 2019)

En la **Figura 8** se muestra la prueba de slump de un concreto convencional sin la adición de fibras, con un asentamiento promedio y una mezcla poco fluida o aceptable, por otro lado, se muestra la **Figura 7** donde se ensaya la consistencia del concreto mediante el slump, con concreto reforzado con fibras de acero, se puede observar una mezcla más densa.



*Figura 8:* slump de concreto convencional



*Figura 7:* slump de concreto fibroreforzado

**Segregación; la unidad de medida es en %.** (BENITO , y otros, 2015), define la segregación como, separación o distribución de los materiales que comprende el concreto, donde no se tiene una distribución de pasta de cemento y agregados de manera homogénea. Cuando el concreto presenta una buena resistencia a la segregación se debe a la buena distribución de agregados de manera uniforme.

(REYES, 2016), existen muchos factores que intervienen en el proceso de segregación dentro de los principales y más comunes factores tenemos al mal vibrado o vibrado excesivo, mal compactado del concreto y el transporte hasta el destino final de vaciado de elemento, esto genera cangrejeras y poros, que trae como consecuencia la disminución considerable de las características mecánicas del hormigón, como es la poca durabilidad del concreto y la pérdida de resistencia. Por otro lado, debido a la segregación se tiene un acabado defectuoso de muy mal aspecto.

(ASTM C1712 - 17, 2017), indica los parámetros para ensayar la segregación del concreto, donde la masa de concreto recién mezclada se instala en una probeta cilíndrica, no se le aplica vibrado ni compactación. La probeta cilíndrica esta seccionada en tres partes, en la

Figura 9 se muestra la probeta cilíndrica con las dimensiones compuesto por tres tramos donde se coloca el concreto por estratos, el estrato número 1 y 3 son lavados en el tamiz Numero 4, equivalente a 4.75 milímetros, este tamiz retiene el agregado grueso de ambos estratos, donde, posteriormente se determina la masa del agregado grueso total.

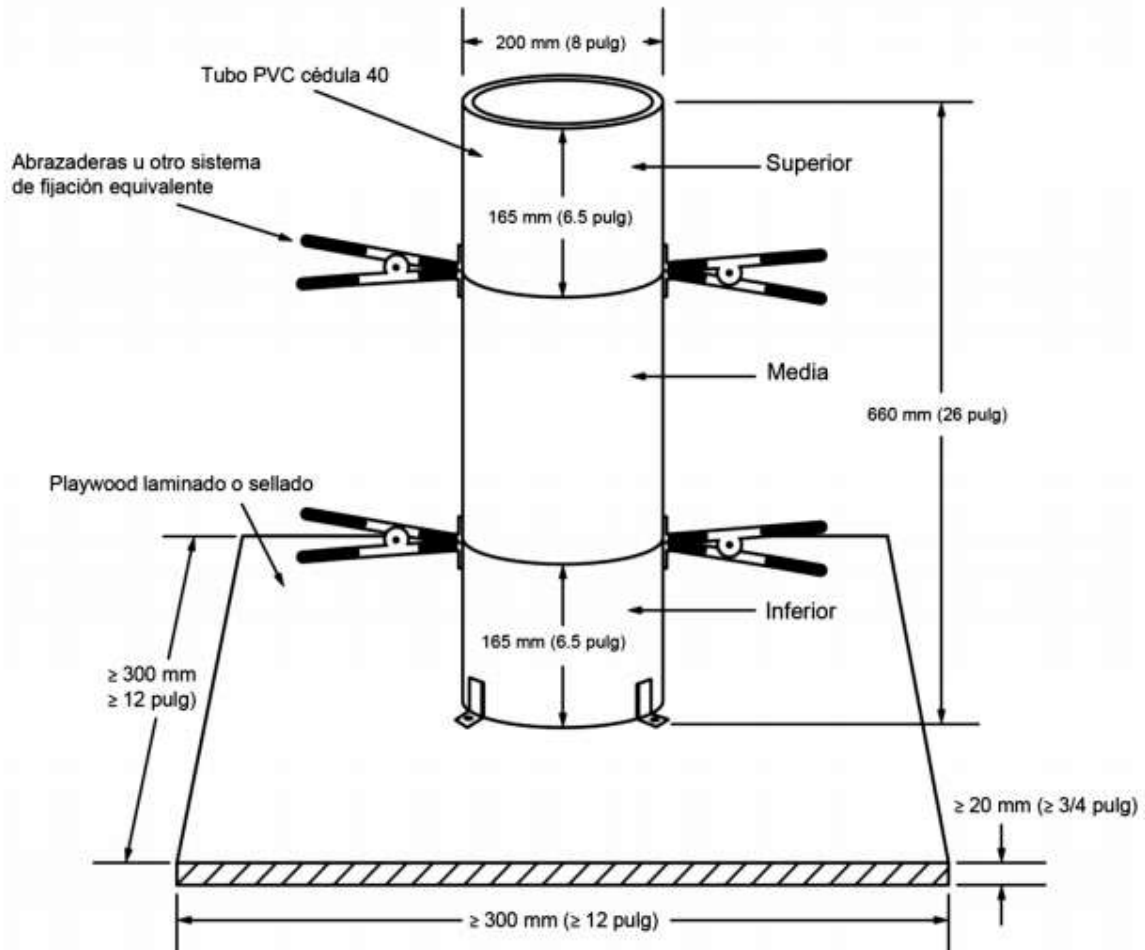


Figura 9: Detalle de la probeta cilíndrica para ensayo de segregación

**Exudación; la unidad de medida es en % o en ml/cm<sup>2</sup>** (CUELLAR, 2017), define a la exudación como, el aislamiento de una fracción del agua de la mezcla, el agua sube a la superficie debido a la diferencia de densidades, produciéndose una sedimentación de agregados y masa de cemento.

La exudación es un problema que muchas veces no se puede evitar en el concreto, este problema no debe ser resuelto con el secado, mucho menos con el espolvoreado de cemento sobre el agua en la superficie, si se realiza este proceso cuando la estructura sigue en exudación, se forma una capa delgada de pasta de cemento donde está dividida por una

película de agua, esta delgada capa de cemento se fisura en forma de patón de panal de abeja. Por otro lado, si se espolvorea cemento cuando el proceso de exudación termina, se logrará reducir la relación agua y material cementante en la superficie de la estructura, estos resultados contribuyen a una mejora en la durabilidad y al desgaste.

Las normas (ASTM C232 / C232M - 14, 2019) y (NTP 339.077, 2013), define el ensayo para determinar la exudación, que consiste en un simplificado procedimiento similar a la prueba del slump, donde se procede a llenar un recipiente con 3 capas de concreto, cada capa se le propina 25 golpes para compactar la mezcla, la probeta no es llenada al ras, se debe dejar un espacio de una pulgada aproximadamente, para luego esperar el proceso de exudación.

Después de 10 minutos, se realizan las lecturas de volúmenes de agua exudada, este proceso se realiza cada 10 minutos, hasta que termine el proceso de exudación.

### **Propiedades Del Concreto En Estado Endurecido**

Para obtener resultados validos de ensayos de especímenes de concreto, es requisito indispensable ensayar dos especímenes como mínimo de 150 mm de diámetro por 300 mm de alto, o como también, se pueden ensayar 3 especímenes como mínimo de 100 mm de diámetro por 200 mm de alto, todos ellos deben pertenecer a una muestra de concreto y un diseño de mezcla que serán ensayadas a los 7, 14 y 28 días, determinado por (Committee ACI 318S-11, 2011)

(BERENGUER, y otros, 2018) y (GONZÁLEZ, y otros, 2012), la **resistencia a la compresión**, lo máximo que soporta una probeta cilíndrica de concreto, sometida a carga axial a los 28 días de elaboración, debido que a esta edad el concreto llega a su resistencia máxima. Su nomenclatura está dada por los símbolos de  $F'c$  y se representa en unidades de ( $kg/cm^2$ ). El  $F'c$  dependerá de la relación agua (en litros) y cemento en peso, del diseño de mezcla.

(NTP 339.034, 2013) Y (ASTM C39/C39M - 18, 2018), rige un método para determinar la resistencia que tiene a la compresión el concreto, ensayando especímenes cilíndricos, donde los pesos unitarios deben ser superior a  $800 kg/m^3$ , por otro lado, este capítulo de la norma técnica peruana, también rige los parámetros para la extracción de diamantinas de concreto, que posteriormente son ensayadas donde se le aplica una fuerza axialmente.

La herramienta utilizada para medir  $F'c$  es una prensa hidráulica. Se realiza el cálculo de cargar de ruptura en el cual se divide entre el área de la superficie que soporta la carga axial, que es representado en unidades de psi (libra fuerza sobre pulgadas al cuadrado) o también en Mpa (Mega pascal). A continuación, se muestra el cálculo  $F'c$ .

$$R_C = P/A \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

$R_C$  = Resistencia a la compresión del espécimen de concreto en forma cilíndrica expresado en  $kg/cm^2$ , con aproximación a  $1 kg/cm^2$ .  $10 kg/cm^2 \approx 1 Mpa$ . (Mega pascal)

$P$  = carga máxima aplicada axialmente sobre la cara superior del espécimen cilíndrico en  $kg$ .

$A$  = área de la sección transversal del cilindro de concreto expresado en  $cm^2$

Según indica la (NTP 339.034, 2013), una vez ensayado los dos cilindros o tres dependiendo de las dimensiones de las probetas, pertenecientes a un mismo diseño de mezcla y preparados y curados en paralelo, se saca el promedio de las dos o tres  $R_C$ , obteniendo un resultado representativo, en el cual se determina  $F'c$  final.

(Portland Cement Association, 2001), (CARRILLO, et al., 2013) y (JUÁREZ, et al., 2017), el concreto es un material que funciona y responde positivamente a esfuerzos de compresión, por otro lado, presenta déficit en resistencia a tracción y flexión, con una limitada capacidad resistente. Un método simple para determinar la **resistencia a la tracción** es determinar el 10% del  $F'c$  del espécimen evaluado.

Para determinar la resistencia a la tracción en laboratorio, la (NTP 339.084, 2012) establece parámetros, mediante el método de compresión diametral de probetas de concreto cilíndricas con las mismas especificaciones, que las probetas elaboradas para ensayar a compresión directa, por otro lado, también se puede realizar la extracción de diamantinas para su posterior ensayo de tracción diametral.

El ensayo de tracción diametral, consta de aplicar una carga a un espécimen cilíndrico de concreto de manera transversal a la del ensayo a compresión, la aplicación de la carga se

realiza en toda la longitud del cilindro, hasta llegar a la rotura de la probeta. En la prensa hidráulica para compresión diametral, este compuesto de un apoyo curvo, con una curvatura de radio igual a la del espécimen a ensayar, para evitar que las tensiones se distribuyan formando una alteración (ASTM C 496, IT-CA-34).

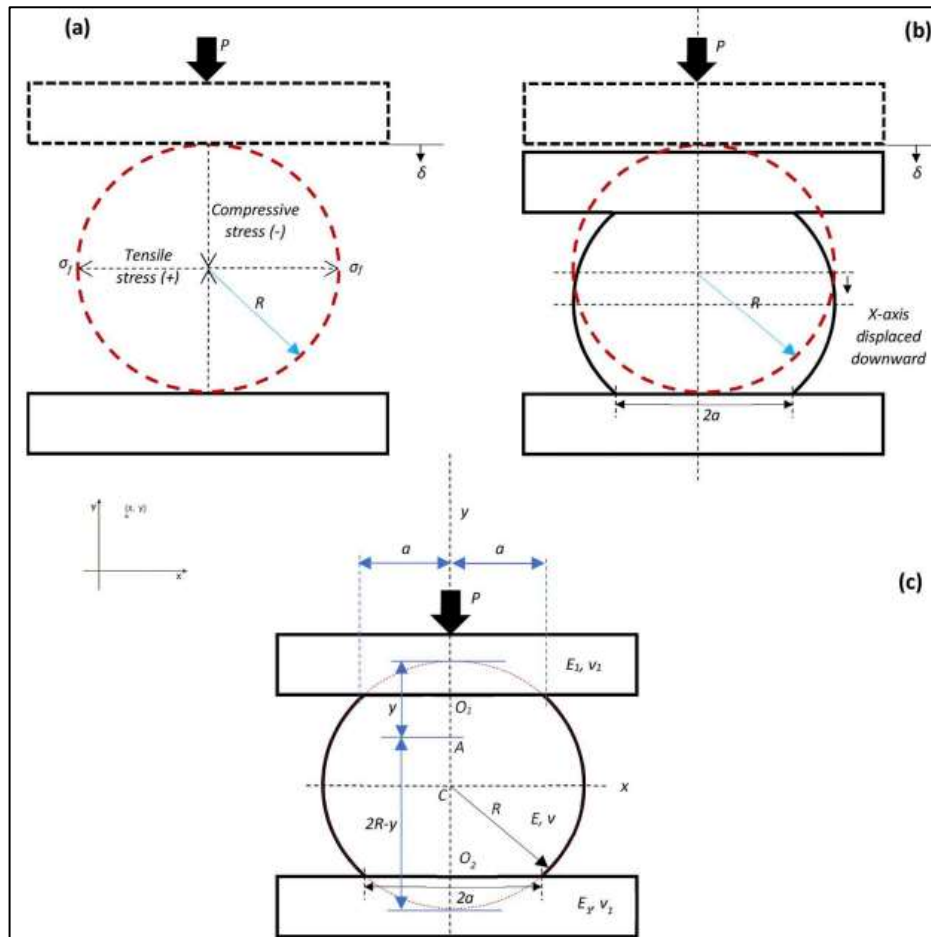


Figura 10: Ensayo de compresión diametral

(FERREIRA, y otros, 2019), (JUÁREZ, et al., 2015) y (SAN BARTOLOMÉ, et al., 2013) la determinación del módulo de rotura ( $M_r$ ) para hallar la **resistencia a la flexión**, se lleva a cabo mediante pruebas de ensayo en laboratorio, en el cual está directamente relacionado al esfuerzo de tensión y agrietamiento de la fibra inferior de la probeta de concreto rectangular, dicha probeta en forma de viga, es sometida a cargas aplicadas a tres tercios de la viga. El  $M_r$  se encuentra entre los valores aproximados que fluctúan de 10% al 20% del  $F'_c$  de la misma masa de concreto, pero ensayada en probetas cilíndricas.

La (NTP 339.078, 2012), indica cómo hacer los ensayos en laboratorio y el proceso de cálculo de resistencia a flexión, donde se elaboran elementos prismáticos denominados vigas,



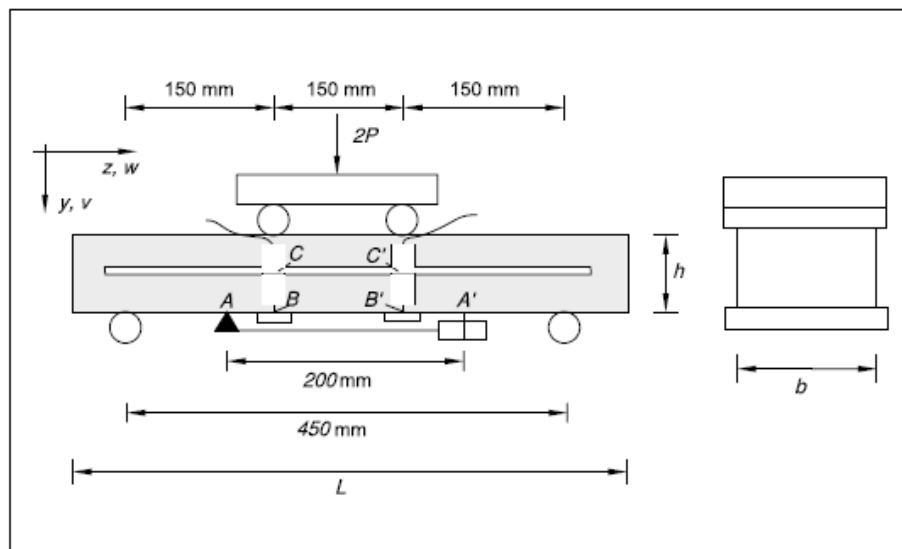
con sección de 150mm x 150 mm y una distancia de 350 mm, este elemento es simplemente apoyado y se les aplica cargas a los tercios de la longitud de viga.

A continuación, se muestra la *Figura 11* donde se indican las dimensiones mínimas de la viga para la determinación del  $M_r$ , presentada por el manual técnico Maccaferri.



*Figura 11:* Dimensiones mínimas de la viga para el ensayo de flexión

(ASTM C78-02), sostiene el método para determinar el  $M_r$ , donde las cargas aplicadas a la viga simplemente apoyada se ubican en los tercios del elemento, por otro lado, (ASTM C 293, 2011), sostiene el mismo método, pero en vigas simplemente apoyadas donde la carga aplicada es en el punto medio.



*Figura 12:* (ASTM C78-02), Módulo de Rotura ( $M_r$ ) ubicado a tercios del elemento.

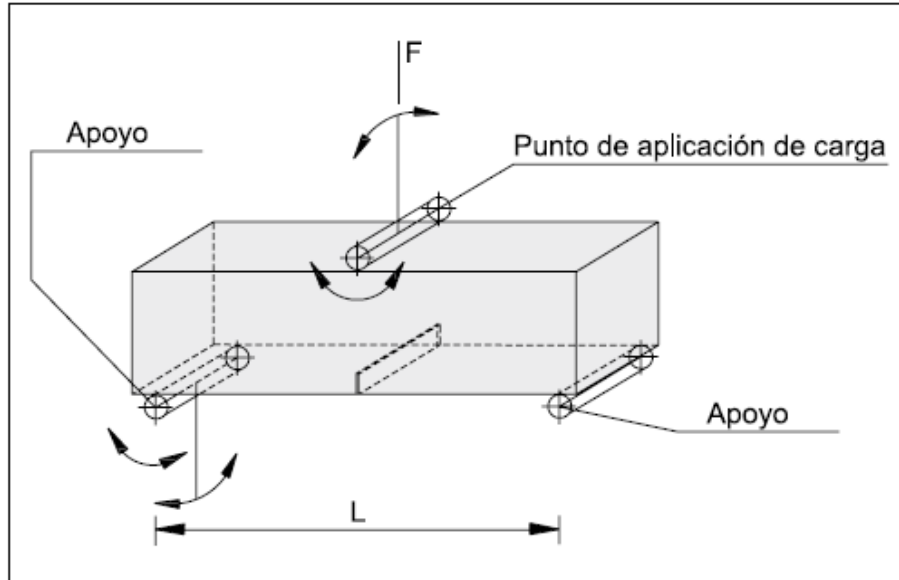


Figura 13: (ASTM C 293, 2011), Módulo de Rotura ( $M_r$ ) ubicado al punto medio.

Para determinar la resistencia a flexión mediante el Módulo de Rotura ( $M_r$ ), cuando el evento de la falla se origina dentro del tercio central, se plantea la siguiente ecuación.

$$M_r = \frac{P * L}{b * h^2} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

$M_r$  = Módulo de Rotura, expresado en  $kg/cm^2$

$P$  = carga máxima aplicada, expresado en  $kg$

$L$  = distancia entre apoyos, expresado en  $cm$

$b$  = ancho de la viga en la posición del ensayo, expresado en  $cm$

$h$  = altura de la viga en la posición del ensayo, expresado en  $cm$

El **problema general** será, ¿De qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2019?

Como primer **problema específico** tenemos, ¿De qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades físicas del concreto  $f'c =$

280 kg/cm<sup>2</sup>, Lima – 2019? Y como segundo **problema específico** tenemos, ¿De qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades mecánicas del concreto  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2019?

La **justificación de esta investigación** se plantea de la siguiente manera. El concreto es un material que soporta esfuerzos de compresión muy altos, siendo este un aspecto positivo, sin embargo, presenta déficit cuando es sometido a tracción y tensión, es por ello que desde hace muchos años se empezó a incorporar al concreto diferentes tipos de fibra, siendo la fibra de acero uno de los materiales más utilizados para el refuerzo del concreto, debido a su alta resistencia a tensión y a las diferentes geometrías que pueden adoptar. Las fibras de acero son comercializadas por diferentes empresas, sin embargo, su venta no es tan fluida, debido a su costo, como también estas fibras no se comercializan en todos los rincones del país, por lo que algunos constructores no tienen un fácil acceso a la compra. Debido a eso surge la necesidad de elaborar este proyecto de investigación, que tiene como propósito proponer un equipo para elaborar fibras de acero onduladas, este equipo convertirá alambre galvanizado en fibras con ondas, siendo el alambre un material comercializado fácilmente en todo el país, además de ello, incorporar un aditivo súper plastificante para que nuestra mezcla sea fluida, y aprovechando el aporte de este aditivo se disminuirá un porcentaje de cemento.

En la **justificación teórico** tenemos a los diversos autores que llegan a la misma conclusión que, el concreto convencional tiene un déficit en cuanto a resistencia a tensión y tracción por el cual la incorporación de fibras de acero, contribuye a la mejora en sus propiedades mecánicas, por otro lado, con esta investigación se busca que otros autores obtengan datos sobre las propiedades mecánicas que aporta al concreto las fibras onduladas y desventajas en las propiedades físicas que se combatirá con el uso de aditivo súper plastificante, en el caso de consistencia de mezcla.

En cuanto a la **justificación práctica**, en esta investigación se busca solucionar los problemas de baja resistencia a la tracción y flexión del hormigón convencional, utilizando fibras de acero onduladas mediante una maquinaria. También se busca solucionar la poca trabajabilidad del concreto fibroreforzado, con el aditivo superplastificante, que además proporciona otras propiedades al concreto.

Para la **justificación metodológica**, en esta investigación se utilizará el método experimental y analizarán los certificados granulométricos, y de ensayos de concreto fresco y endurecido,

estos instrumentos sirven para la recolección de datos y la comprobación del aporte de las propiedades mecánicas de las fibras, como también, el aporte del aditivo súper plastificante para las propiedades físicas del concreto.

Podemos **Justificar de manera económica**, sosteniendo que, con esta investigación se quiere dar a conocer el equipo para fabricar fibras onduladas donde el material a utilizar será alambre galvanizado, en el cual se puede optimizar costos al dejar de comprar fibras comerciales a los diversos fabricantes, y que cada constructor fabrique sus propias fibras de acero, por otro lado, el concreto fibroreforzado puede llegar a reemplazar al acero de refuerzo parcialmente o en su totalidad, esto fue afirmado por el Colegio de Ingenieros del Perú, consiguiendo reducir costos en materiales y procesos constructivos. Por parte del aditivo súper plastificante, buscará optimizar precios del cemento ya que se reemplazará este material en un porcentaje.

Para la **justificación social** se plantea que, la publicación de esta investigación beneficia a todos los consumidores de concreto, ya que este concreto fibroreforzado proporciona mejoras en las propiedades mecánicas del concreto, con esto tendremos edificaciones más seguras, brindando un aporte a la industria de la construcción. En la parte **técnica**, esta investigación dará a conocer a otros investigadores, empresas y personas dedicadas a la industria de la construcción, sobre el uso de la fibra de acero ondulado y el aditivo súper plastificante, con datos comprobados y tengan un acceso al soporte técnico de datos.

Tenemos como **hipótesis general** que, la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2019. En cuanto a la primera **hipótesis específica** se plantea que, la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye de manera negativa en las propiedades físicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2019. Y para la segunda **hipótesis específica** se plantea que, la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye de manera positiva en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2019.

Por consiguiente, se plantea como **objetivo general**, determinar de qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2019. El primer **objetivo específico** de este proyecto de investigación será, determinar de qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades físicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Lima –

2019. Y el segundo **objetivo específico** de este proyecto de investigación será, determinar de qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades mecánicas del concreto  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2019.

## **II. MÉTODO**

## 2.1. Tipo y diseño de investigación

### Nivel de investigación

(FIDIAS, 2012 pág. 23), define al **nivel de investigación** como, el grado de profundidad que tiene el proyecto de investigación u objeto a estudiar. Según el autor existe tres tipos de niveles de investigación, uno de ellos es la investigación **explicativa**, que indica no solo la descripción de las variables o al fenómeno de estudio, sino también la relación directa de causa- efecto de las variables independiente y dependiente. Los resultados de esta investigación abordan al nivel más profundo de estudio.

El **alcance o nivel de investigación** de este proyecto, es de manera **explicativa**, por el cual se describen los conceptos de las variables independiendo y dependiente, formando una relación directa entre ambas variables y analizando el efecto que causa la variable independiente sobre la dependiente. Explicando, además, el porqué de la problemática y en qué aspectos se manifiesta.

### Tipo de investigación

(VALDERRAMA, 2015), define a la investigación de **tipo aplicada** como, investigación cuyo fin es resolver problemas de la vida cotidiana que se presentan en algún contexto determinado.

El **tipo** es **aplicado**, esta investigación busca resolver el problema de baja resistencia a la tracción y flexión de un concreto convencional, utilizando fibras de acero onduladas para reforzar al concreto, con esto se tiene otra problemática que es la poca trabajabilidad que proporciona el concreto fibroreforzado, y esto se busca erradicar, adhiriendo aditivo súper plastificante.

### Diseño de investigación

(FIDIAS, 2012 pág. 27), define al **diseño de investigación** como, técnica que utiliza el investigador para responder y resolver la incógnita del estudio, clasificando en tres, donde uno de ellos es el **diseño experimental**, que consiste básicamente en someter a pruebas a la variable independiente para observar los resultados o el efecto que causa sobre la variable dependiente.

En cuanto al **diseño de investigación**, en este proyecto se utilizó el **método experimental**, debido a que se manipulo la variable independiente, dosificación de concreto fibroreforzado

con alambre ondulado, con el fin de experimentar los resultados en la variable dependiente, determinando las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero e incorporando aditivo súper plastificante. Se realizaron ensayos en laboratorio, de probetas cilíndricas y prismáticas para determinar la resistencia a la compresión, tracción y flexión respectivamente.

### **Enfoque de investigación**

(VALDERRAMA, 2015), define al **enfoque** de investigación según los datos empleados como, cuantitativo y cualitativo, el **enfoque cuantitativo** hace referencia a que las variables de estudio son medibles y cuantificables numéricamente, esto permite obtener resultados comprobables.

El **enfoque** de esta investigación científica se aplica un **enfoque cuantitativo**, debido a que se recolectara datos numéricos de los diferentes ensayos que se realizaran para determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero onduladas, más la incorporación de aditivo súper plastificante, obteniendo así un reporte que demuestra la solución de la problemática.



## 2.2. Variables, operacionalización

**Tabla 8:** Operacionalización de Variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>Variable Independiente:</p> <p><b>DOSIFICACIÓN DE CONCRETO FIBROREFORZADO CON ALAMBRE ONDULADO</b></p>	<p>MACCAFERRI (2015). Las fibras son hebras de acero que se caracteriza por su geometría, longitud y las diferentes formas que pueden adoptar, estas fibras son utilizadas como refuerzo para el concreto, y así mejorar las propiedades mecánicas, la dosificación es la proporción de fibras de acero que se incorpora al concreto, se expresan en % o kg/m<sup>3</sup> de concreto, y dependerá de las dimensiones y características de la fibra.</p>	<p>La dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado se evaluará mediante herramientas manuales de medición, instrumentos de laboratorio y hojas de cálculo. Donde se analizará las propiedades de la fibra, dosificaciones y la composición del concreto.</p>	Propiedades de la fibra	geométricas	HERRAMIENTAS MANUALES
				mecánicas	
				Relación de aspecto	
			Dosificaciones	10 kg/m <sup>3</sup>	HOJA DE CÁLCULO DE LABORATORIO
				15 kg/m <sup>3</sup>	
				20 kg/m <sup>3</sup>	
			Composición del concreto 280 kg/cm <sup>2</sup>	cemento	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
				agregado	
				Agua	
				Aditivo	
<p>Variable Dependiente:</p> <p><b>PROPIEDADES DEL CONCRETO 280 kg/cm<sup>2</sup></b></p>	<p>GEOSEISMIC (2017), define a las propiedades del concreto como, cualidades básicas o características que puede adoptar el concreto dependiendo en el estado en el que se encuentre, en el estado fresco se puede determinar las propiedades físicas, y en el estado endurecido las propiedades mecánicas.</p>	<p>Las propiedades del concreto se evaluarán mediante fichas técnicas, equipos mecánicos de medición de resistencia, reportes de laboratorio y hojas de cálculo. Donde se analizarán las propiedades físicas y mecánicas del concreto en sus respectivos estado fresco y estado endurecido.</p>	Propiedades físicas	Consistencia (in)	FICHA TECNICA
				Segregación (%)	
				Exudación (%)	
			Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión(kg/cm <sup>2</sup> )	FICHA TECNICA
				Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	
				Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	

Fuente: Propia

## 2.3 Población, muestra y muestreo.

### Población

(FIDIAS, 2012 pág. 81), define a la **población** como, el conjunto de elementos de las mismas características a estudiar, que está delimitada y definida por el problema y los objetivos. Por lo que en esta investigación **la población es**, todo los concretos reforzados con fibras de acero ondulados e incorporación de aditivo súper plastificante.

### Muestra

(FIDIAS, 2012 pág. 83), define a la **muestra** cómo, un subconjunto o porcentaje de la población que servirá de manera representativa para el estudio, donde se tiene un mayor acceso de manipulación.

Para obtener resultados validos de ensayos de especímenes de concreto, es requisito indispensable ensayar dos especímenes como mínimo de 150 mm de diámetro por 300 mm de alto, o como también, se pueden ensayar 3 especímenes como mínimo de 100 mm de diámetro por 200 mm de alto, todos ellos deben pertenecer a una muestra de concreto y un diseño de mezcla que serán ensayadas a 7, 14 y 28 días, determinado por (Committee ACI 318S-11, 2011)

La (NTP 339.078, 2012) indica cómo hacer los ensayos en laboratorio y el proceso de cálculo de resistencia a flexión, donde se elaboran elementos prismáticos denominado vigas, con sección de 150mm x 150 mm y una distancia de 350 mm, este elemento es simplemente apoyado y se les aplica cargas a los tercios de la longitud de viga.

(FIDIAS, 2012 pág. 85), define al **muestreo no probabilístico** donde, no existe la probabilidad o fórmula para la de selección de elementos de la población, para conformar la muestra. Clasificada en tres, donde en el **muestreo intencional u opinático** el investigador selecciona los elementos de la población para integrar a la muestra, en base a criterios o argumentos presentados.

**Tabla 9:** Muestreo de probetas cilíndricas de concreto

KILOGRAMOS DE FIBRA DE ACERO ONDULADAS CON RESPECTO AL METRO CUBICO DEL CONCRETO EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					total
Edad (días)	0 kg/m <sup>3</sup>	10 kg/m <sup>3</sup>	15 kg/m <sup>3</sup>	20 kg/m <sup>3</sup>	
7 días	3	3	3	3	12
14 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12

KILOGRAMOS DE FIBRA DE ACERO CON RESPECTO AL METRO CUBICO DEL CONCRETO EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL (PARA TRACCIÓN)					total
Edad (días)	0 kg/m <sup>3</sup>	10 kg/m <sup>3</sup>	15 kg/m <sup>3</sup>	20 kg/m <sup>3</sup>	
7 días	3	3	3	3	12
14 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12

Fuente: Propia

**Tabla 10:** Muestreo de probetas prismáticas de concreto

KILOGRAMOS DE FIBRA DE ACERO ONDULADAS CON RESPECTO AL METRO CUBICO DEL CONCRETO EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGA					total
Edad (días)	0 kg/m <sup>3</sup>	10 kg/m <sup>3</sup>	15 kg/m <sup>3</sup>	20 kg/m <sup>3</sup>	
7 días	1	1	1	1	4
14 días	1	1	1	1	4
28 días	1	1	1	1	4

Fuente: Propia

En base a las definiciones de (FIDIAS, 2012 pág. 85), podemos determinar una **muestra** de 24 probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro por 300 mm de alto, y 4 elementos prismáticos denominado vigas, con sección transversal de 150 mm x 150 mm y una distancia de 350 mm. En este caso se realizó un **muestreo no probabilístico**, debido a que se selecciona la muestra de manera **intencional** con parámetros propuestos por (Committee ACI 318S-11, 2011), la norma técnica peruana (NTP 339.078, 2012) y en base al presupuesto del proyecto de investigación los especímenes se ensayaran a los 28 días de fraguado (edad en la cual el concreto alcanzo su máxima resistencia). Obteniendo como **muestra final 28 especímenes** de concreto fibroreforzado con fibras de acero onduladas.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### Técnica de investigación

(FIDIAS, 2012 pág. 67), define a la **técnica** de investigación como, los procedimientos, formas, mecanismo, recursos y medios para obtener y recolectar datos e información para nuestro desarrollo de investigación. Una **técnica** es la **observación cuasi experimental**, definida por el autor como, técnica que consiste en captar mediante la vista, algún hecho, acontecimiento o fenómeno, que ocurre en las variables. Donde las condiciones de trabajo y variables son manipuladas por el investigador.

Para el cual, en el presenta trabajo de investigación, se ejecuta la **técnica de observación cuasi experimental**, debido a que la variable independiente y el trabajo de investigación serán controladas por el investigador, ensayando especímenes, con diferentes porcentajes de fibra de acero onduladas y aditivo súper plastificante, con respecto al volumen del cemento. Logrando observar y analizar el efecto que causa sobre la variable dependiente. En la *Tabla 8* se muestra el protocolo planteado con el proceso, técnica e instrumentos de esta investigación.

**Tabla 11:** *Protocolo de proceso, técnica e instrumentos de investigación.*

PROCESO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Diseño de mezcla patrón	Calculo	Método ACI
Diseño de mezcla con fibra y aditivo	Calculo	Método ACI
Consistencia	Prueba de slump	Método ACI
Segregación	Ensayo de segregación	Normas, ASTM y NTP
Exudación	Ensayo de exudación	Normas, ASTM y NTP
Probetas cilíndricas	Elaboración manual	Normas, ASTM y NTP
Curado de probetas cilíndricas	Curado en agua	Normas, ASTM y NTP
Especímenes prismáticos	Elaboración manual	Normas, ASTM y NTP
Curado de especímenes prismáticos	Curado en agua	Normas, ASTM y NTP
Resistencia a la compresión	Ensayo a compresión	Normas, ASTM y NTP
Resistencia a la tracción	Ensayo a compresión diametral	Normas, ASTM y NTP
Resistencia a la flexión	Ensayo de Modulo de Rotura	Normas, ASTM y NTP

Fuente: Propia

### **Instrumento de recolección de datos**

(FIDIAS, 2012 pág. 68), define al **instrumento de recolección de datos** como, el recurso físico en papel o digital en algún software, que sigue un formato determinado por el investigador, con la finalidad de registrar y almacenar información.

Los **instrumentos de recolección de datos**, es la **ficha técnica** que se encuentra en el **anexo n°2, 3, 4 y 5** del proyecto, donde los datos y reportes fueron proporcionados por los laboratorios certificados y normados, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

### **Validez**

La **validez** según, (VALDERRAMA, 2015), “validez del contenido se verifica mediante la aprobación de juicio de expertos”. El autor nos da entender, que la **validez** de nuestro instrumento será determinada por profesionales conocedores y especializados en el tema de investigación y línea de investigación. A continuación, se muestra la *Tabla 12 de rango/magnitud de validez y confiabilidad* propuesto por Valderrama. En el **anexo n°6, 7, 8 y 9** del proyecto se encuentra la validación de instrumentos de recolección de datos.

**Tabla 12:** *Rango/magnitud de validez y confiabilidad*

<b>RANGOS</b>	<b>MAGNITUD</b>
0.81 – 1	Muy Alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Moderada
0.21 – 0.40	Baja
0.01 – 0.20	Muy Baja

Fuente: (VALDERRAMA, 2015)

### **Confiabilidad**

La **confiabilidad** según, (VALDERRAMA, 2015), es lo fiable, confiable, coherente y consistente que puede llegar a ser un instrumento de medición o un instrumento de recolección de datos, esto está directamente relacionado a la similitud de resultados que se puede obtener de un mismo instrumento.

Para este proyecto de investigación la **confiabilidad** es determinada por el certificado de calibración de instrumentos y equipos de medición de la Universidad Nacional de Ingeniería

(UNI), además, se confía en las herramientas utilizadas de manera cotidiana en la ingeniería civil y que están garantizado por los fabricantes.

## 2.5. Procedimiento

El **procedimiento** de este proyecto de investigación, está dividida en **doce fases**, donde en la **primera fase** se recolecto información de tesis, libros, artículos científicos, revistas indexadas y normas para la elaboración de la teoría. En la **segunda fase** se compraron los materiales tales como cemento, agregado grueso, agregado fino, agua potable, aditivo plastificante y alambre galvanizado, en la **tercera fase** se diseñó y ensambló el equipo para fabricar fibras onduladas, que costa de un proceso de ondulación y corte de alambre galvanizado, obteniendo así las fibras onduladas.

En la **cuarta fase** se llevaron todos los materiales tales como, cemento, agregado fino, agregado grueso, agua potable, aditivo súper plastificante y fibras de acero galvanizadas en forma onduladas al laboratorio para su posterior ensayo, en la **quinta fase** se diseñó la mezcla base y mezcla con variación en proporciones de fibras de acero onduladas y aditivos súper plastificantes, en la **sexta fase** se elaboraron los especímenes de concreto como indica la muestra, todas las probetas tendrán diferentes porcentajes de fibras de acero onduladas y aditivo súper plastificante, en la **séptima fase** se realizaron los ensayos de consistencia, segregación y exudación del concreto fibroreforzado, ensayos que se realizan en estado fresco, teniendo así los resultados de propiedades físicas del concreto fibroreforzado.

En la **octava fase** se realizó el curado de probetas cilíndricas y prismáticas de concreto patrón y concreto fibroreforzado con fibras de acero onduladas, en la **novena fase**, pasado los 7 días de curado, se ejecutaron los ensayos de compresión, tracción y flexión del primer grupo de probetas, tanto cilíndricas como prismáticas de concreto fibroreforzado. En la **décima fase**, pasado los 14 días de curado, se ejecutaron los ensayos de compresión, tracción y flexión del segundo grupo de especímenes de concreto fibroreforzado.

En la **onceava fase**, pasado los 28 días de curado, se realizaron los ensayos de compresión, tracción y flexión del tercer y último grupo de especímenes de concreto fibroreforzado, Con estas últimas tres fases se obtiene las propiedades mecánicas del concreto fibroreforzado, que se obtienen cuando el concreto está en estado seco, en la **doceava fase**, se procesaron los datos y se realizaron las conclusiones de este proyecto de investigación con los resultados obtenidos.

- ①. Primera fase: inicio, recolección de información.
- ②. Segunda fase: compra de insumos.
- ③. Tercera fase: diseño y ensamble de equipo para fabricar fibras onduladas.
- ④. Cuarta fase: transporte de materiales de almacén hacia laboratorio de ensayo.
- ⑤. Quinta fase: diseño de mezcla patrón y mezcla de concreto fibroreforzado.
- ⑥. Sexta fase: elaboración manual de especímenes cilíndricos y prismáticos.
- ⑦. Séptima fase: ensayo en estado fresco: consistencia, segregación y exudación.
- ⑧. Octava fase: curado de especímenes de concreto convencional y fibroreforzado.
- ⑨. Novena fase: ensayos de compresión, tracción y flexión del primer grupo de especímenes a 7 días de curado.
- ⑩. Décima fase: ensayos de compresión, tracción y flexión del segundo grupo de especímenes a 14 días de curado.
- ⑪. Onceava fase: ensayos de compresión, tracción y flexión del tercer grupo de especímenes a 28 días de curado.
- ⑫. Doceava fase: procesamiento de datos y obtención de resultados.

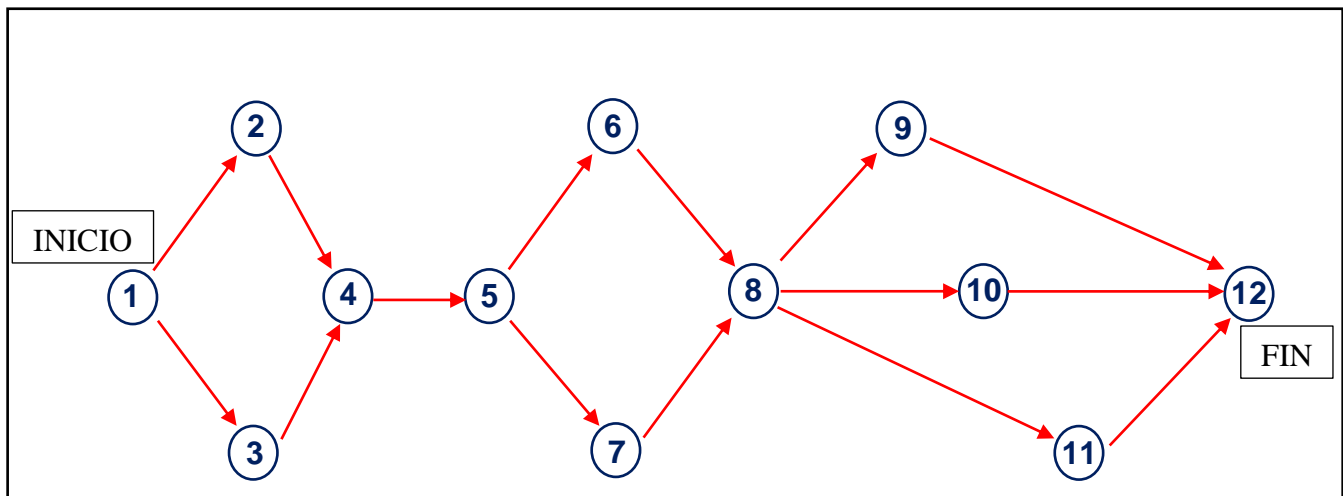


Figura 14: Flujo grama de procedimiento de trabajo de investigación

Debido a problemas económicos se tuvo que ajustar el presupuesto, por lo cual se obviaron la **novena y décima fase**, haciéndose cumplir con la **onceava fase**, siendo esta más impredecibles que las dos anteriores, se ensayaron los especímenes a los 28 días de curado, a esa edad el concreto alcanza a su máxima resistencia.

## 2.6. Métodos de análisis de datos

En los siguientes capítulos se desarrollan los ensayos en laboratorio donde los datos se procesan mediante la **estadística descriptiva**, como indica las dimensiones de la variable dependiente se tiene dos grupos.

En el primer grupo se analizaron las propiedades físicas del concreto reforzado con fibras de acero ondulado y aditivo súper plastificante, propiedades que se muestran a continuación y se ejecutan cuando el concreto está recién mezclado

- ✓ Consistencia
- ✓ Segregación
- ✓ Exudación

En el segundo grupo del proyecto se analizaron las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero onduladas y aditivo súper plastificante, propiedades que se muestran a continuación y se ejecutan cuando el concreto está en estado endurecido, el ensayo de los especímenes se realizó los 28 días, considerando, además, que en esta última edad el concreto alcanza su máxima resistencia.

- ✓ Resistencia a la compresión
- ✓ Resistencia a la tracción
- ✓ Resistencia a la flexión

El resultado de los ensayos es proporcionado por los laboratorios mediante protocolos e instrumentos confiables, para un posterior procesamiento de datos en el programa Microsoft Excel utilizando la estadística descriptiva, datos que no se alteraran ni modificaran.

## 2.7. Aspectos éticos

En esta investigación, el autor respeto los derechos de autores de tesis, ensayos, artículos, revistas indexadas, libros, entre otros, de investigaciones ajenas, citando a sus autores, en el cual contribuyen a la realización de este proyecto. Este proyecto de investigación se somete a pruebas que demuestra que esta investigación no presenta similitud en redacción de texto. En cuanto a los ensayos realizados son de autoría propia, donde se confía en los datos proporcionados por los laboratorios certificados de las instituciones donde se realizaron los ensayos.



### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Desarrollo de Procedimiento

#### Propiedades De La Fibra De Acero

En esta sección se mostrará las propiedades de las fibras de acero y su proceso de ondulación y corte, el cual su medición será mediante la herramienta de medición vernier, para posteriormente hallar la relación de aspecto de la hebra.

#### Geometría de la fibra de acero

A continuación, se muestra la *tabla número 13* donde se observa la geometría de la fibra de acero, datos que fueron tomados a partir de la medición mediante un vernier manual.

**Tabla 13:** Geometría de la fibra de acero

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA FIBRA DE ACERO		
Descripción	Tipo o forma	Dimensiones
Sección (d)	circular	1.65 mm (diámetro)
Longitud (L)	Rizado	50 mm +/- 0.3 mm
Longitud de onda ( $\lambda$ )	Rizado	7 mm +/- 0.1 mm
Amplitud (w)	Onda	3 mm +/- 0.2 mm
Angulo de Onda	Onda	45°

Fuente: Propia

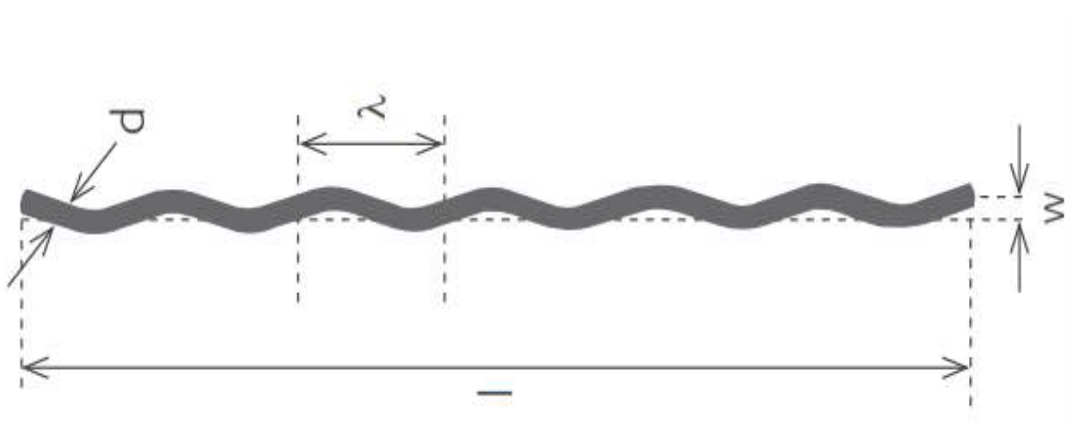


Figura 15: Fibra de acero ondulada

### Características mecánicas de la fibra de acero

Para las características mecánicas se presenta la *tabla 14* donde los datos fueron proporcionados por la ficha técnica del alambre galvanizado calibre 16 (anexo n°13).

**Tabla 14:** *Características mecánicas de la fibra de acero*

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA FIBRA DE ACERO	
Resistencia a la tracción	39-47 kgf/mm <sup>2</sup>
Capa de zinc	60 gr/m <sup>2</sup>

Fuente: Recopilado de ficha técnica de alambre galvanizado (COVAL)

En la *tabla 15* se muestra el revestimiento mínimo que debe tener la fibra de acero, que está directamente relacionado con el diámetro equivalente, en el caso particular de la fibra utilizada en el presente proyecto de investigación tenemos un diámetro equivalente igual a 1.65 mm, y el alambre galvanizado presenta un revestimiento de zinc de 60 gr/m<sup>2</sup>. Por consiguiente, nos ubicamos dentro del parámetro mínimo de revestimiento de zinc, presentando un revestimiento superior.

**Tabla 15:** *Revestimiento mínimo de zinc de las fibras de acero.*

Diámetro (mm)	Masa del revestimiento mínimo (g/m <sup>2</sup> )
$0,15 \leq D_e < 0,50$	15
$0,50 \leq D_e < 0,80$	20
$0,8 \leq D_e < 1,20$	25

Fuente: (MACCAFERRI, 2015)

### Relación de aspecto

La relación de aspecto tal y como lo indica el marco conceptual del proyecto, es la relación de la longitud sobre el diámetro. Indicando, además, que el valor recomendable de la relación de aspecto debe ser entre 20 y 100.

Las fibras de acero, a partir de alambre galvanizado tendrán una longitud (**L**) de **50 mm**, medido de extremo a extremo de la hebra despreciando las deformaciones, como se muestra en la siguiente imagen.

Para el diámetro equivalente lo hallaremos de las dos formas planteadas en la teoría del proyecto, siendo la primera el **método directo**, que sostiene que, el diámetro equivalente (**De**), será igual al diámetro nominal (**Dn**).

$$D_e = D_n \dots\dots\dots (7)$$

$$D_n = 1.65 \text{ mm}$$

$D_e = 1.65 \text{ mm}$
-------------------------

Para el **método indirecto geométrico**, el diámetro equivalente (**De**) será igual al diámetro de la sección transversal de la fibra. A continuación, se muestra la fórmula:

$$D_e = \left(4 \cdot \frac{A}{\pi}\right)^{1/2} \dots\dots\dots (8)$$

$$D_e = \left(4 \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{\pi}\right)^{1/2} \dots\dots\dots (9)$$

$$D_e = \left(4 \cdot \frac{\pi \cdot 0.825^2}{\pi}\right)^{1/2}$$

$D_e = 1.65 \text{ mm}$
-------------------------

La siguiente formula corresponde a la relación de aspecto (**λ**)

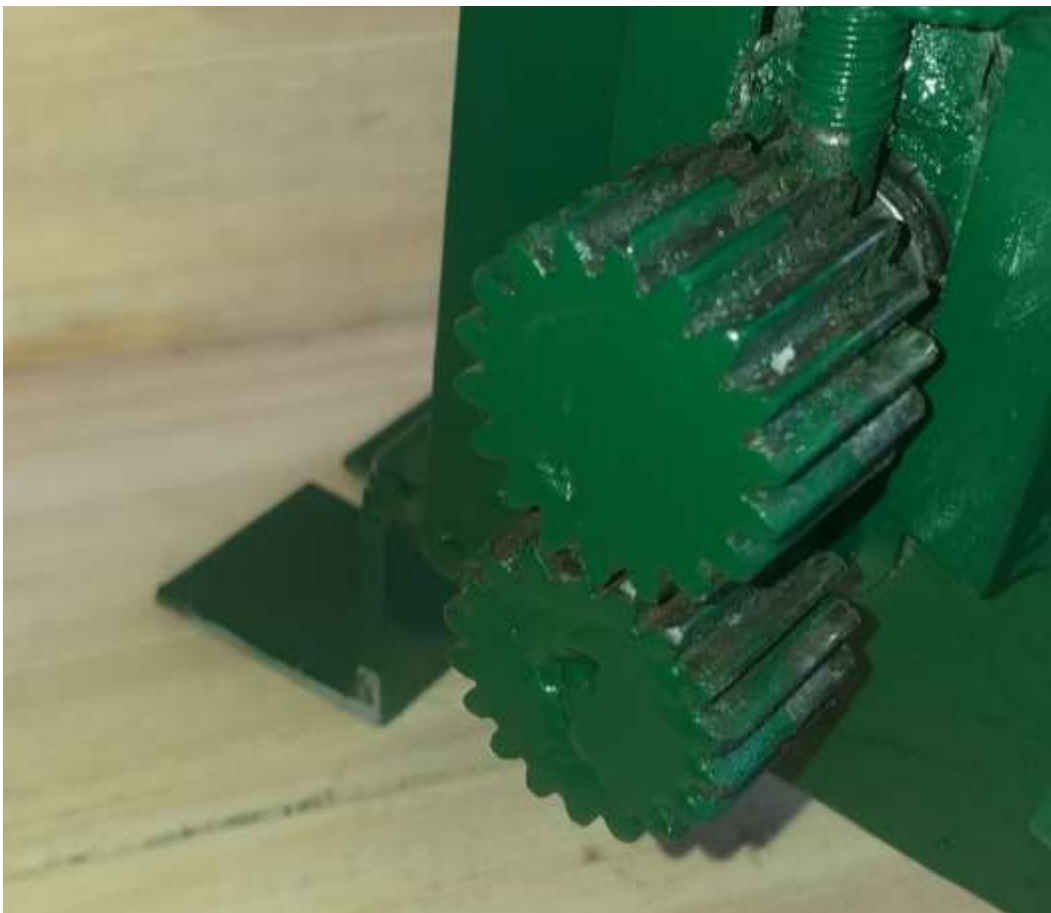
$$\lambda = \frac{L}{D_e} \dots\dots\dots (10)$$

$$\lambda = \frac{50 \text{ mm}}{1.65 \text{ mm}}$$

$\lambda = 30.3$
------------------

### **Dispositivo para fabricar fibras de acero onduladas**

Se ensablo un dispositivo para la fabricación de fibras onduladas, la herramienta manual tiene un peso de 4.420 kg, y está compuesto por dos piñones de 1.5 pulgadas de diámetro con 18 dientes de 4 milímetros de altura, el efecto giratorio del piñón 1 se realiza mediante una manivela que pasa por un rodaje de 2.5 pulgadas de diámetro, este rodaje mantiene la estabilidad del piñón minimizando el rozamiento y fricción que se produce entre el eje del piñón 1 y la estructura del dispositivo, el piñón 2 gira por efecto automático obedeciendo al piñón 1.



*Figura 16:* Dispositivo para fabricar fibras onduladas – piñones de 1.5 pulgadas



*Figura 17:*Dispositivo para fabricar fibras onduladas – rodaje, eje y palanca giratoria

La herramienta manual cuenta con dos pernos reguladores, el primero dispone de dos tuercas y un resorte envolvente en toda la extensión del perno cumpliendo con la función de ejercer presión del piñón 1 sobre el piñón 2, el segundo perno regulador tiene como función, graduar la distancia ente piñón y piñón, esto dependerá del calibre de alambre que se desee ondular. La estructura del dispositivo cuenta con 2 perforaciones en la parte de la base, estos agujeros sirven para anchar, la herramienta manual, a una mesa de trabajo mediante pernos.

En el proceso de fabricación de fibras, para mejorar el rendimiento, se incorporó una palanca tubular metálica de 50 cm de largo con un diámetro exterior de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, produciendo así un efecto de torque con menos esfuerzo.



*Figura 19:* Dispositivo para fabricar fibras onduladas – 1er perno regulador



*Figura 18:* Dispositivo para fabricar fibras onduladas – 2do perno regulador



*Figura 20:* Dispositivo para fabricar fibras onduladas – perforaciones para anclar la estructura mediante pernos, a una mesa de trabajo



*Figura 21:* Palanca tubular metálica de 50 cm de largo con un diámetro exterior de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, (extensión de palanca)



*Figura 23:* Dispositivo para fabricar fibras de acero, vista trasera



*Figura 22:* Dispositivo para fabricar fibras de acero, vista lateral



## Ondulación y corte del alambre galvanizado



Figura 25: Alambre galvanizado calibre 16, compra de producto por kg



Figura 24: Alambre galvanizado calibre 16, sacar del empaque

El alambre galvanizado calibre 16 es atravesado por la guía de diámetro interno 3 milímetros, ingresando así entre los dientes de los piñones de derecha a izquierda, sometándose a deformaciones de manera que se formen ondas. Una vez obtenido el rizado del alambre, se procede a medir con un vernier manual a distancia de 50 milímetros, para su posterior corte manual mediante una cizalla. El producto final es la fibra ondulada de acero galvanizado de 50 mm de longitud y 1.65 mm de diámetro, su relación correspondiente es de 30.



Figura 27: Dispositivo para fabricar fibras, producción de fibras onduladas



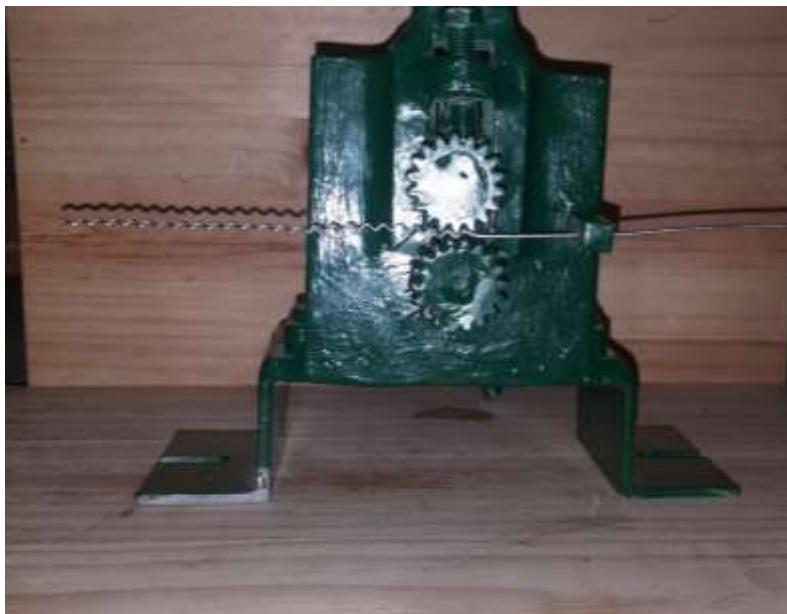
Figura 26: Fibras onduladas de acero galvanizado, producto final



*Figura 30:* Producción de fibras onduladas de acero galvanizado



*Figura 29:* Producto final, fibras onduladas



*Figura 28:* Proceso de fabricación de fibras de acero onduladas

## Dosificaciones

Antes de realizar el diseño de mezcla, el primer paso, es realizar el ensayo de agregados. Para el presente proyecto de investigación se utilizó agregado fino y grueso de la cantera UNICON, que está ubicado en la carretera trapiche-canta km 31.5, en el caso del material cementante se utilizó el cemento sol tipo 1, debido a que es el cemento utilizado con mayor frecuencia en el rubro de la construcción. Para el aditivo plastificante se utilizó la marca sika, Plastiment® HE-98, por sus propiedades mencionadas en su ficha técnica. El ensayo granulométrico y el diseño de mezcla se realizaron en las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales (LEM), (UNI), donde se determinaron 3 diseños iniciales con diferentes relaciones agua/cemento, la resistencia a compresión deseada es de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

## Composición del concreto

La ASTM C-33, nos brinda parámetros para realizar el ensayo de agregados, analizando sus características físicas, bajo esta norma tenemos los siguientes resultados.

## Agregado Fino

En la siguiente *Tabla 16* se muestra la granulometría del agregado fino, dicho ensayo fue realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM), en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). El informe se encuentra en el **Anexo N° 10**.

**Tabla 16:** *Granulometría del Agregado Fino*

SECADO DE MUESTRA		FECHA	HORA	PesoMuestra		ASTM C33
Inicio de secado		30/09/2019	10:10 a.m.	600.0	gr	HUSO
Fin de secado		01/10/2019	09:00 a.m.	Tipo	Arena Gruesa	AGR. FINO
TAMIZ		Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que	% Que
N°	Abertura (mm)	(gr)	(gr)	Acumulado	Pasa	Pasa
1/2"	12.50	0	0.00	0.00	100.00	100
3/8"	9.50	17.00	2.83	2.83	97.17	100
N°4	4.75	49.10	8.18	11.02	88.98	95-100
N°8	2.36	97.40	16.23	27.25	72.75	80-100
N°16	1.18	138.80	23.13	50.38	49.62	50-85
N°30	0.60	120.20	20.03	70.42	29.58	25-60
N°50	0.30	66.30	11.05	81.47	18.53	5-30
N°100	0.15	48.70	8.12	89.58	10.42	0-10
FONDO	-	62.50	10.42	100.00	0.00	
TOTAL		600.00				

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

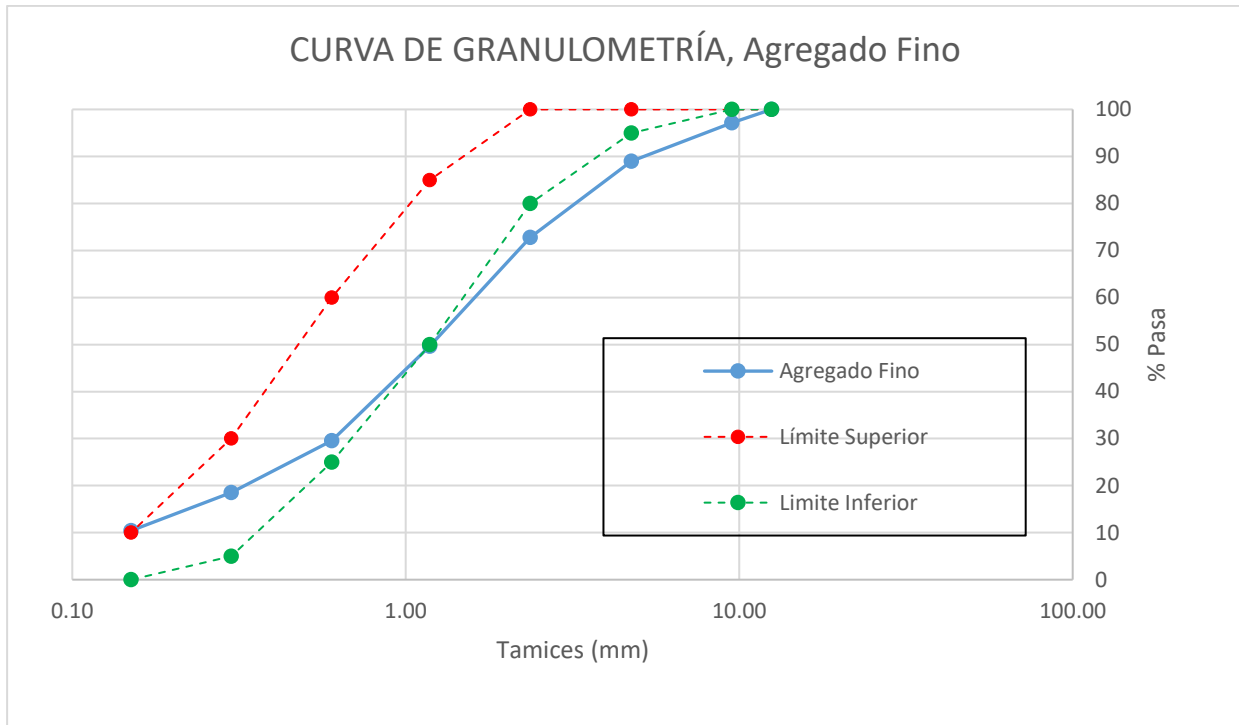


Figura 31: Curva de Granulometría del agregado fino

**Análisis e interpretación:** En el gráfico de dispersión mostrado, en el eje X están las aberturas de los tamices expresados en milímetros, mientras que en el eje Y se tiene el porcentaje que pasa el agregado fino por los tamices. La curva continua de color azul representa al agregado fino, la curva discontinua de color rojo representa el límite superior del rango de Huso para agregado fino (ASTM C33), y la curva discontinua de color verde, representa el límite inferior del rango de Huso para agregado fino. Se observa que la curva del agregado fino sale del límite inferior después del punto número 4 (Tamiz N°16) y se reincorpora en el rango en el último punto (Tamiz ½”).

En la *Tabla 17* se muestra las propiedades físicas del agregado fino, que fueron ensayadas en el laboratorio LEM, UNI.

**Tabla 17:** *Propiedades físicas del agregado fino*

Módulo de Fineza	3.33
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1726
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1907
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.62
Contenido de Humedad (%)	0.97
Porcentaje de Absorción (%)	1.01

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

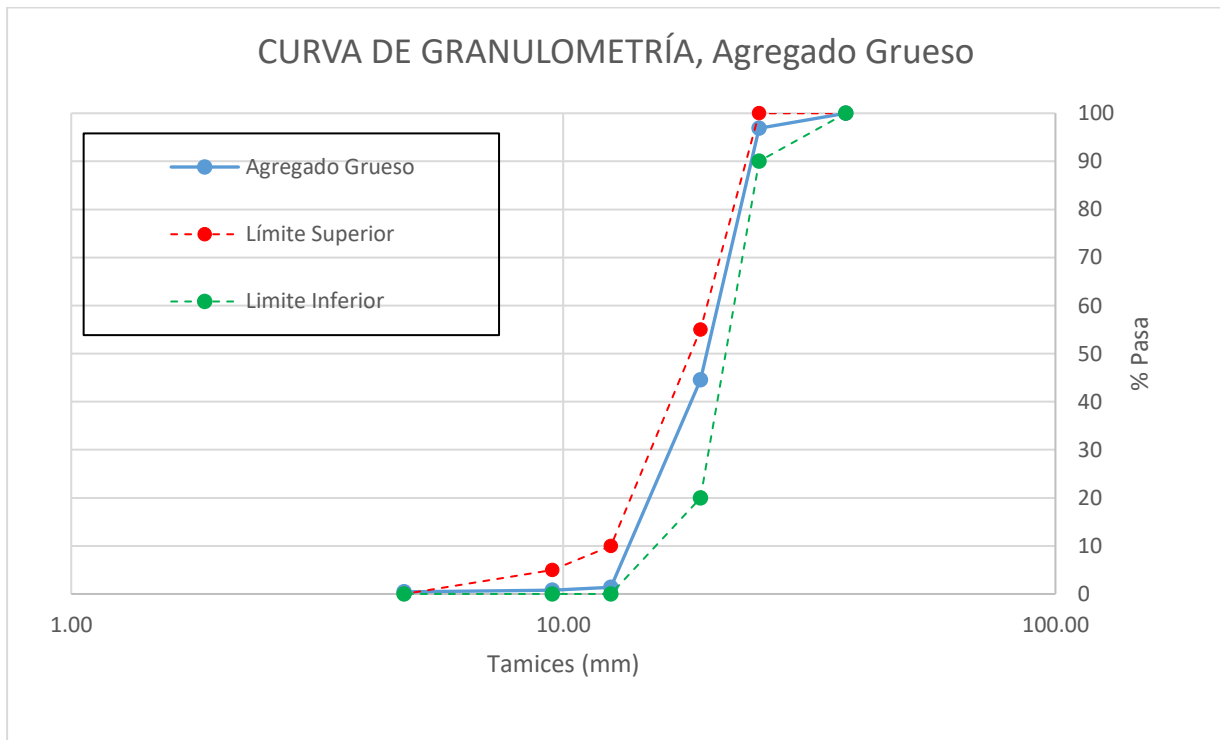
## Agregado Grueso

En la siguiente *Tabla 18* se observa la granulometría del agregado grueso, ensayo que fue elaborado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM), en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). El informe se encuentra en el **anexo N°10**.

**Tabla 18:** *Granulometría del Agregado Grueso*

SECADO DE MUESTRA		FECHA	HORA	PesoMuestra		ASTM C33 HUSO 5
Inicio de secado		30/09/2019	10:10 a.m.	10500.0	gr	
Fin de secado		01/10/2019	09:00 a.m.	Tipo	Piedra chancada	
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	% Retenido (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)					
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1"	25.00	324.00	3.09	3.09	96.91	90-100
3/4"	19.00	5497.00	52.35	55.44	44.56	20-55
1/2"	12.50	4530.00	43.14	98.58	1.42	0-10
3/8"	9.50	64.00	0.61	99.19	0.81	0-5
N°4	4.75	39.00	0.37	99.56	0.44	-
FONDO	0	46.00	0.44	100.00	0.00	
TOTAL		10500.00				

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).



*Figura 32:* Curva de Granulometría del agregado grueso

**Análisis e interpretación:** En el gráfico de dispersión mostrado, en el eje X están las aberturas de los tamices expresados en milímetros, mientras que en el eje Y se tiene el porcentaje que pasa el agregado grueso por los tamices. La curva continua de color azul representa al agregado grueso, la curva discontinua de color rojo representa el límite superior del rango de Huso 5 para agregado grueso (ASTM C33), y la curva discontinua de color verde, representa el límite inferior del rango de Huso 5 para agregado grueso. Se observa que la curva del agregado grueso se mantiene dentro de los límites que presenta el rango de Huso 5.

**Tabla 19:** *Propiedades físicas del agregado grueso*

Módulo de Fineza	7.52
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1481
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1642
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.77
Contenido de Humedad (%)	0.31
Porcentaje de Absorción (%)	0.57

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

### Agregado Global

En la siguiente *Tabla 20* se observa la granulometría del agregado global, que está conformado por el agregado fino y grueso, ensayado en (LEM), (UNI).

**Tabla 20:** *Granulometría del agregado global*

TAMIZ		% Retenido (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)			
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	1.60	1.60	98.40
3/4"	19.00	26.70	28.30	71.70
1/2"	12.50	22.00	50.20	49.80
3/8"	9.50	1.70	51.90	48.10
N°4	4.75	4.20	56.10	43.90
N°8	2.36	8.00	64.10	35.90
N°16	1.18	11.40	75.40	24.60
N°30	0.60	9.80	85.30	14.70
N°50	0.30	5.40	90.70	9.30
N°100	0.15	4.00	94.70	5.30
FONDO	-	5.30	100.00	0.00
TOTAL				

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

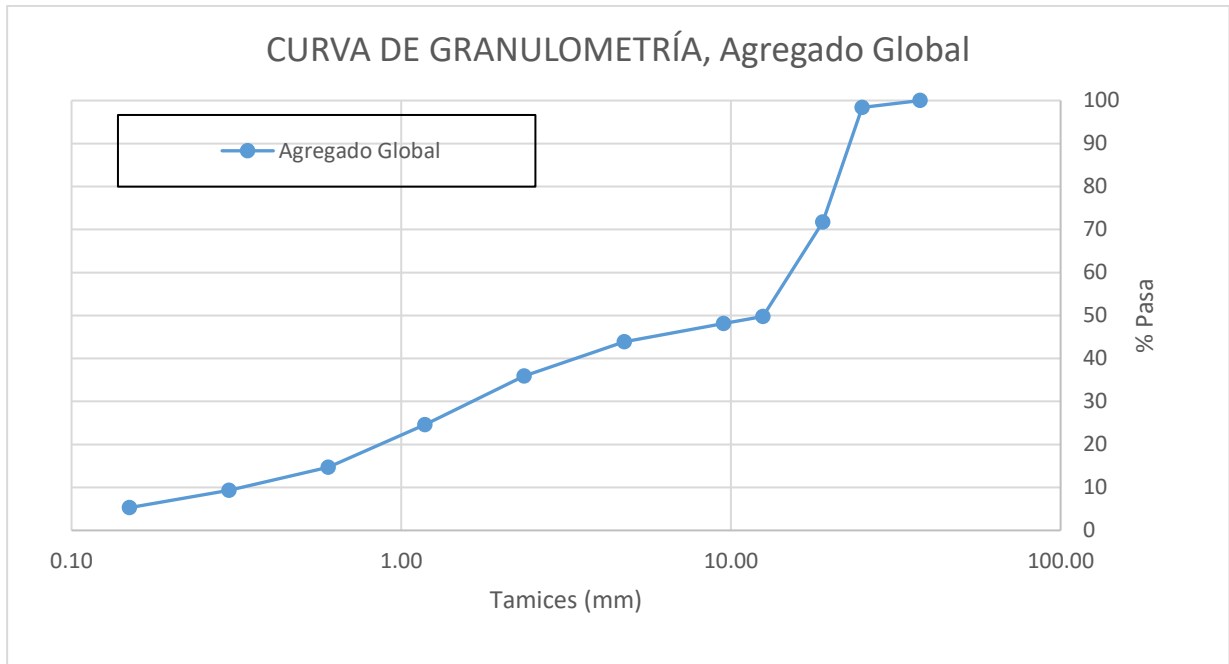


Figura 33: Curva de Granulometría del agregado global

**Análisis e interpretación:** En el gráfico de dispersión mostrado, en el eje X están las aberturas de los tamices expresados en milímetros, mientras que en el eje Y se tiene el porcentaje que pasa el agregado global por los tamices. La curva continua de color azul representa al agregado global.

**Tabla 21:** *Propiedades físicas del agregado global*

Tamaño Nominal Maximo	3/4"
Módulo de Fineza	4.46
% Agregado grueso	50.91
% Agregado Fino	49.09

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

En la **Tabla 22** se muestra el consolidado de datos de los ensayos de agregados y datos de cemento, agua y aditivo. Estos datos son utilizados para el diseño preliminar de mezclas por el método de ACI, con relación de agua/cemento al 50 %, 60% y 70%.

**Tabla 22:** Consolidado de datos de los ensayos de agregados

CONCRETO		CEMENTO		AGUA	
F,c	280 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo	Sol Tipo 1	Tipo	Potable
SLUMP	3 a 4 Pulg	P.E	3150.00 kg/m <sup>3</sup>	P.E	1000.00 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		AGREGADO GLOBAL	
Módulo de Fineza	3.33	Módulo de Fineza	7.52	Tamaño Nominal Maximo	3/4"
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1726	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1481	Módulo de Fineza	4.46
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1907	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1642	% Agregado grueso	50.91
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.62	Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.77	% Agregado Fino	49.09
Contenido de Humedad (%)	0.97	Contenido de Humedad (%)	0.31	<b>ADITIVO: Plastiment® HE-98</b>	
Porcentaje de Absorción (%)	1.01	Porcentaje de Absorción (%)	0.57	P.E 1170.00 lt/m <sup>3</sup>	0.90%

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

**Tabla 23:** Diseño de mezcla de  $f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , diseño número 1 – relación agua/cemento al 50 %

DISEÑO – 1 a/c = 0.50				
F. V		F. E		Volumen tanda 0.015
09/10/2019		16/10/2019		
DISEÑO DE MEZCLA $f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
MATERIAL	MZ (kg)	UNIDAD	SLUMP	PESO UNITARIO
Cemento	6.45	Kg	3" – 4"	Peso Molde+mezcla
Agua	3.26	Lt	5"	
Arena	11.7	Kg		
Piedra	13.73	Kg		Peso Molde
Aditivo 1	58.05	gr		

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).



**Tabla 24:** Diseño de mezcla de  $f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , diseño número 2 – relación agua/cemento al 60 %

DISEÑO – 2 $a/c = 0.60$				
F. V		F. E		Volumen tanda 0.015
09/10/2019		16/10/2019		
DISEÑO DE MEZCLA $f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
MATERIAL	MZ (kg)	UNIDAD	SLUMP	PESO UNITARIO
Cemento	5.13	Kg	3" – 4"	Peso Molde+mezcla
Agua	3.12	Lt	6"	
Arena	12.65	Kg		26.70 kg
Piedra	14.34	Kg		Peso Molde
Aditivo 1	46.13	gr		4.04 kg

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

**Tabla 25:** Diseño de mezcla de  $f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , diseño número 3 – relación agua/cemento al 70 %

DISEÑO – 3 $a/c = 0.70$				
F. V		F. E		Volumen tanda 0.015
09/10/2019		16/10/2019		
DISEÑO DE MEZCLA $f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
MATERIAL	MZ (kg)	UNIDAD	SLUMP	PESO UNITARIO
Cemento	4.18	Kg	3" – 4"	Peso Molde+mezcla
Agua	2.96	Lt	2 1/4"	
Arena	13.76	Kg		
Piedra	14.44	Kg		Peso Molde
Aditivo 1	37.61	gr		

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

Con los datos recopilados en la *tabla 23, 24 y 25*, se ejecutó el vaciado de concreto de los tres diseños en tres tandas, se analizó las propiedades físicas en el estado fresco, tales como: slump (mediante el cono de abrams) y peso específico (realizado solo en la tanda intermedia, diseño numero 2).

Después de analizar las propiedades físicas del concreto  $f' c 280\text{kg/cm}^2$ , se realizó el vaciado de 12 especímenes cilíndricos, en 3 grupos, el primer grupo correspondía al primer diseño de mezcla con relación a/c al 50%, el segundo grupo de probetas al diseño 2, con relación a/c al 60%, por último, el tercer grupo correspondía al diseño 3, con relación a/c de 70%. Cada grupo comprendía de 4 especímenes cilíndricos.

Los 12 especímenes de concreto son sometidos a la cámara de presión, que corresponde al proceso de curado con un periodo de 7 días. Pasado la edad 7, los 3 grupos de probetas son sometidos a la prensa hidráulica, equipo que determina la resistencia a la compresión del concreto.



*Figura 34:* Preparación de la primera tanda de concreto con volumen de 0.015, (técnico Montes), laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI)



*Figura 37:* Ensayo de consistencia, mediante cono de abrams, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI)



*Figura 36:* Medición de aditivo plastificante en gramos, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI)



*Figura 35:* Preparación de probetas cilíndricas para ensayo de compresión, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI)



*Figura 40:* Probetas a los 7 días de curado, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI)



*Figura 39:* Prensa hidráulica, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI)



*Figura 38:* Desechos de probetas después de ensayo de compresión, laboratorio de ensayo de materiales (LEM-FIC-UNI)

**Tabla 26:** Resultados de ensayo de resistencia a la compresión,  $a/c = 0.5$

DISEÑO – 1 $a/c = 0.5$				
F. V		F. E		$f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$
09/10/2019		16/10/2019		
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034				
N° PROBETA	Carga máxima (kg)	Área Prom.	$f' c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	Tipo fractura
1	26 751 kg	78.68 cm <sup>2</sup>	340 kg/cm <sup>2</sup>	2
2	25 320 kg	78.63 cm <sup>2</sup>	322 kg/cm <sup>2</sup>	2
3	26 157 kg	78.55 cm <sup>2</sup>	333 kg/cm <sup>2</sup>	4
4	26 210 kg	78.71 cm <sup>2</sup>	333 kg/cm <sup>2</sup>	4

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

**Tabla 27:** Resultados de ensayo de resistencia a la compresión,  $a/c = 0.6$

DISEÑO – 2 $a/c = 0.6$				
F. V		F. E		$f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$
09/10/2019		16/10/2019		
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034				
N° PROBETA	Carga máxima (kg)	Área Prom.	$f' c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	Tipo fractura
5	15 000 kg	78.94 cm <sup>2</sup>	190 kg/cm <sup>2</sup>	4
6	15 639 kg	78.59cm <sup>2</sup>	199 kg/cm <sup>2</sup>	2
7	16 662 kg	78.59 cm <sup>2</sup>	212 kg/cm <sup>2</sup>	4
8	16 962 kg	78.89 cm <sup>2</sup>	215 kg/cm <sup>2</sup>	2

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

**Tabla 28:** Resultados de ensayo de resistencia a la compresión,  $a/c = 0.7$

DISEÑO – 3 $a/c = 0.7$				
F. V		F. E		$f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$
09/10/2019		16/10/2019		
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034				
N° PROBETA	Carga máxima (kg)	Área Prom.	$f' c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	Tipo fractura
9	23 284 kg	78.66 cm <sup>2</sup>	296 kg/cm <sup>2</sup>	3
10	23 799 kg	78.54 cm <sup>2</sup>	303 kg/cm <sup>2</sup>	2
11	24 482 kg	78.72 cm <sup>2</sup>	311 kg/cm <sup>2</sup>	5
12	22 516 kg	78.73 cm <sup>2</sup>	286 kg/cm <sup>2</sup>	5

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

En la **Tabla 29** se muestra el consolidado de características generales del diseño de mezcla final con un  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , con material cementante, cemento SOL Tipo 1.

**Tabla 29:** *Diseño de mezcla final ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) cemento sol tipo 1*

<b>DISEÑO DE MEZCLA FINAL (<math>f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2</math>) CEMENTO SOL Tipo I</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
Denominación	$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
Asentamiento	3" - 4"
Relación a/c de diseño	0.59
Relación a/c de obra	0.6
Proporciones de diseño	1 : 2.54 : 2.78
Proporciones de obra	1 : 2.56 : 2.79
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98	382.5 g. por bolsa de cemento
<b>CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR <math>\text{m}^3</math> DE CONCRETO</b>	
Cemento	345 kg.
Arena	875 kg.
Piedra	960 kg.
Agua	204 L.
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98	3104.6 g.
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR <math>\text{m}^3</math> DE CONCRETO EN OBRA</b>	
Cemento	345 kg.
Arena	884 kg.
Piedra	963 kg.
Agua	206 L.
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98	3104.6 g.
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA</b>	
Cemento	42.5 kg.
Arena	108.88 kg.
Piedra	128.63 kg.
Agua	25.42 L.
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98	382.5 g.
<b>PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN</b>	
Proporciones	1 : 2.23 : 2.83
Agua	25.42 L/bolsa
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98	382.5 g/bolsa

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

A continuación, se muestra la **Tabla 30** de diseño de mezcla  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , comprende a la primera tanda de vaciado, concreto PATRÓN, donde se indica el peso de cada componente en relación a un volumen de tanda de 0.030. Concreto que se utilizó para medir la consistencia, exudación y segregación (estado fresco), y para la elaboración de probetas y vigas.

**Tabla 30: DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) PATRÓN**

DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ )					
CONCRETO		CEMENTO		AGUA	
F,c	280 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo	Sol Tipo 1	Tipo	Potable
SLUMP	3 a 4 Pulg	P.E	3150.00 kg/m <sup>3</sup>	P.E	1000.00 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		AGREGADO GLOBAL	
Módulo de Fineza	3.33	Módulo de Fineza	7.52	Tamaño Nominal Maximo	3/4"
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1726	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1481	Módulo de Fineza	4.46
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1907	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1642	% Agregado grueso	50.91
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.62	Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.77	% Agregado Fino	49.09
Contenido de Humedad (%)	0.97	Contenido de Humedad (%)	0.31	<b>ADITIVO: Plastiment® HE-98</b>	
Porcentaje de Absorción (%)	1.01	Porcentaje de Absorción (%)	0.57	P.E 1170.00 lt/m <sup>3</sup>	0.90%
RELACIÓN A/C 0.59	Volumen de tanda 0.030	F. V.	22/10/2019	F. E. 28d	19/11/2019
MATERIAL		MEZ		UND	Slump Requerido
Cemento		10.17		kg	3 - 4 Pulg
Agua		6.08		Lt	
Arena		26.05		kg	Slump Real
Piedra		28.39		kg	1 Pulg
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98		91.53		g	
Adición de fibras de acero onduladas		0 kg/m <sup>3</sup>		g	

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

Se muestra la **Tabla 31** de diseño de mezcla  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , comprende a la segunda tanda de vaciado, concreto con adición de **10 KG/M3** de fibras de acero onduladas, donde se indica el peso de cada componente en relación a un volumen de tanda de 0.030. Concreto que se utilizó para medir la consistencia, exudación y segregación (estado fresco), y para la elaboración de probetas y vigas.

**Tabla 31: DISEÑO DE MEZCLA** ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) Adición de 10 kg/m3 de fibras de acero onduladas

DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ )					
CONCRETO		CEMENTO		AGUA	
F,c	280 kg/cm2	Tipo	Sol Tipo 1	Tipo	Potable
SLUMP	3 a 4 Pulg	P.E	3150.00 kg/m3	P.E	1000.00 kg/m3
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		AGREGADO GLOBAL	
Módulo de Fineza	3.33	Módulo de Fineza	7.52	Tamaño Nominal Maximo	3/4"
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1726	Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1481	Módulo de Fineza	4.46
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1907	Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1642	% Agregado grueso	50.91
Peso Específico (g/cm3)	2.62	Peso Específico (g/cm3)	2.77	% Agregado Fino	49.09
Contenido de Humedad (%)	0.97	Contenido de Humedad (%)	0.31	<b>ADITIVO: Plastiment® HE-98</b>	
Porcentaje de Absorción (%)	1.01	Porcentaje de Absorción (%)	0.57	P.E 1170.00 lt/m3	0.90%
RELACIÓN A/C 0.59	Volumen de tanda 0.030	F. V.	22/10/2019	F. E. 28d	19/11/2019
<b>10 KG/M3</b>					
MATERIAL		MEZ		UND	Slump Requerido
Cemento		10.17		kg	3 - 4 Pulg
Agua		6.08		Lt	
Arena		26.05		kg	Slump Real
Piedra		28.39		kg	1 1/2 Pulg
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98		91.53		g	
Adición de fibras de acero onduladas		10 kg/m3		300	

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).



Se muestra la **Tabla 32** de diseño de mezcla  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , comprende a la tercera tanda de vaciado, concreto con adición de **15 KG/M3** de fibras de acero onduladas, donde se indica el peso de cada componente en relación a un volumen de tanda de 0.030. Concreto que se utilizó para medir la consistencia, exudación y segregación (estado fresco), y para la elaboración de probetas y vigas.

**Tabla 32:** DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) Adición de 15 kg/m3 de fibras de acero onduladas

DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ )					
CONCRETO		CEMENTO		AGUA	
F,c	280 kg/cm2	Tipo	Sol Tipo 1	Tipo	Potable
SLUMP	3 a 4 Pulg	P.E	3150.00 kg/m3	P.E	1000.00 kg/m3
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		AGREGADO GLOBAL	
Módulo de Fineza	3.33	Módulo de Fineza	7.52	Tamaño Nominal Maximo	3/4"
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1726	Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1481	Módulo de Fineza	4.46
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1907	Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1642	% Agregado grueso	50.91
Peso Específico (g/cm3)	2.62	Peso Específico (g/cm3)	2.77	% Agregado Fino	49.09
Contenido de Humedad (%)	0.97	Contenido de Humedad (%)	0.31	<b>ADITIVO: Plastiment® HE-98</b>	
Porcentaje de Absorción (%)	1.01	Porcentaje de Absorción (%)	0.57	P.E 1170.00 lt/m3	0.90%
RELACIÓN A/C 0.59	Volumen de tanda 0.030	F. V.	22/10/2019	F. E. 28d	19/11/2019
				<b>15 KG/M3</b>	
MATERIAL		MEZ		UND	Slump Requerido
Cemento		10.17		kg	3 - 4 Pulg
Agua		6.08		Lt	
Arena		26.05		kg	Slump Real
Piedra		28.39		kg	3 Pulg
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98		91.53		g	
Adición de fibras de acero onduladas	<b>15 kg/m3</b>	450		g	

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

Se muestra la **Tabla 33** de diseño de mezcla  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , comprende a la cuarta tanda de vaciado, concreto con adición de **20 KG/M3** de fibras de acero onduladas, donde se indica el peso de cada componente en relación a un volumen de tanda de 0.030. Concreto que se utilizó para medir la consistencia, exudación y segregación (estado fresco), y para la elaboración de probetas y vigas.

**Tabla 33: DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) Adición de 20 kg/m3 de fibras de acero onduladas**

DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ )					
CONCRETO		CEMENTO		AGUA	
F,c	280 kg/cm2	Tipo	Sol Tipo 1	Tipo	Potable
SLUMP	3 a 4 Pulg	P.E	3150.00 kg/m3	P.E	1000.00 kg/m3
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		AGREGADO GLOBAL	
Módulo de Fineza	3.33	Módulo de Fineza	7.52	Tamaño Nominal Maximo	3/4"
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1726	Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1481	Módulo de Fineza	4.46
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1907	Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1642	% Agregado grueso	50.91
Peso Específico (g/cm3)	2.62	Peso Específico (g/cm3)	2.77	% Agregado Fino	49.09
Contenido de Humedad (%)	0.97	Contenido de Humedad (%)	0.31	<b>ADITIVO: Plastiment® HE-98</b>	
Porcentaje de Absorción (%)	1.01	Porcentaje de Absorción (%)	0.57	P.E 1170.00 lt/m3	0.90%
RELACIÓN A/C 0.59	Volumen de tanda 0.030	F. V.	22/10/2019	F. E. 28d	19/11/2019
				<b>20 KG/M3</b>	
MATERIAL		MEZ		UND	Slump Requerido
Cemento		10.17		kg	3 - 4 Pulg
Agua		6.08		Lt	
Arena		26.05		kg	Slump Real
Piedra		28.39		kg	1 1/2 Pulg
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98		91.53		g	
Adición de fibras de acero onduladas <b>20 kg/m3</b>		600		g	

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

### 3.2 Resultados

#### Propiedades Físicas Del Concreto 280 Kg/M3

Después de obtener los datos de los pesos de los componentes del concreto y las proporciones de la fibra respecto a una tanda de volumen 0.030 por diseño. Se realizó el preparado de concreto en cuatro tandas, la primera tanda corresponde al diseño PATRÓN con una relación agua / cemento de 0.59. La segunda tanda corresponde al diseño PATRÓN más la adición de 10 KG/M3 de fibras de acero onduladas. La tercera tanda corresponde al diseño PATRÓN más la adición de 15 KG/M3 de fibras de acero onduladas. Por último, la cuarta tanda corresponde al diseño PATRÓN más la adición de 20 KG/M3 de fibras de acero onduladas. Con el concreto en estado fresco se analizó las propiedades físicas tales como consistencia, segregación y exudación, de cada tanda que corresponde a un mismo diseño con diferentes pesos de fibras de acero ondulados. Dichas propiedades se ensayaron en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM), de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

#### Resultados de Consistencia, prueba de slump, mediante cono de abrams

**Tabla 34:** *Consistencia, prueba de slump, mediante cono de abrams*

CONSISTENCIA, prueba de slump		
MUESTRA	SLUMP REQUERIDO	SLUMP REAL
PATRÓN	3" - 4"	1"
PATRÓN + 10KG/M3 Fibra	3" - 4"	1 1/2"
PATRÓN + 15KG/M3 Fibra	3" - 4"	3"
PATRÓN + 20KG/M3 Fibra	3" - 4"	1 1/2"

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

#### Resultados de ensayo de SEGREGACIÓN Y EXUDACIÓN

**Tabla 35:** *Ensayo de segregación y exudación*

SEGREGACIÓN Y EXUDACIÓN		
MUESTRA	SEGREGACIÓN	EXUDACIÓN
PATRÓN	No presenta	No presenta
PATRÓN + 10KG/M3 Fibra	No presenta	No presenta
PATRÓN + 15KG/M3 Fibra	No presenta	No presenta
PATRÓN + 20KG/M3 Fibra	No presenta	No presenta

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

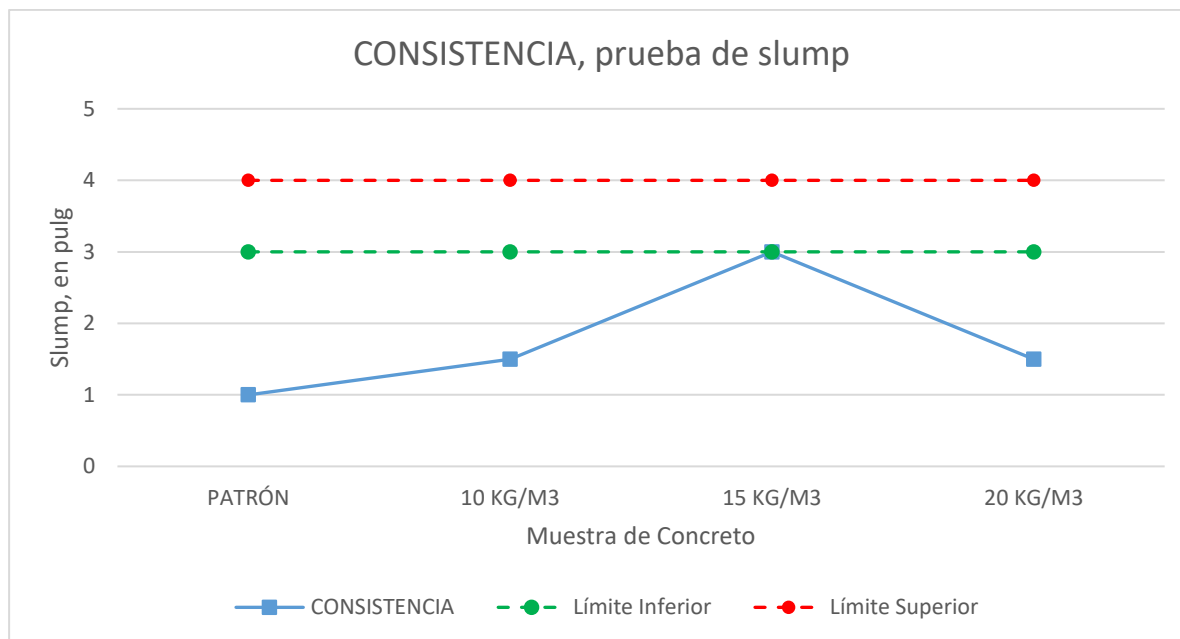


Figura 41: Consistencia, prueba de slump, mediante cono de abrams

**Análisis e interpretación:** En el gráfico de dispersión mostrado, en el eje X se encuentran las muestras de concreto que comprende 4 muestras, mientras que en el eje Y se encuentra el Slump expresado en pulgadas. La curva continua de color azul representa la consistencia del concreto en estado fresco, dato de slump real tomada in situ en el laboratorio. La recta discontinua de color rojo representa el límite superior del rango de slump requerido para elementos estructurales tales como losas, columnas, vigas y muros (Committee ACI: 211.1-19, 2019), y la recta discontinua de color verde, representa el límite inferior del rango de slump requerido para elementos estructurales.

En el primer punto, concreto PATRÓN, de la curva de consistencia real, se encuentra fuera del límite mínimo permitido para elementos estructurales con un slump de 1". El segundo punto, concreto PATRÓN más adición de 10 KG/M3 de fibras de acero onduladas, de la curva de consistencia real, también se encuentra fuera de límite mínimo permitido para elementos estructurales con un slump de 1 ½". El tercer punto, concreto PATRÓN más la adición de 15 KG/M3 de fibras de acero onduladas, de la curva de consistencia real, se encuentra en el límite mínimo permitido para elementos estructurales según (Committee ACI: 211.1-19, 2019), con un slump de 3". El último punto, concreto PATRÓN más la adición de 20 KG/M3 de fibras de acero onduladas, de la curva de consistencia real, se encuentra fuera del límite mínimo permitido para elementos estructurales, con un slump de 1 ½". Se determinó, como dosificación óptima, en estado fresco, la muestra PATRÓN más

la adición de 15 KG/M3 de fibras de acero onduladas, por cumplir con los requerimientos de la norma (Committee ACI: 211.1-19, 2019), aprobándose su consistencia mínima de 3", dicho sea de paso es la misma dosificación recomendada por los fabricantes (HERU) y (CONFIBRA) de fibras de acero onduladas comerciales.

**Segregación y Exudación:** Las 4 muestras de concreto, muestra PATRÓN, muestra PATRÓN más la adición de 10 KG/M3 de fibras de acero onduladas, muestra PATRÓN más la adición de 15 KG/M3 de fibras de acero onduladas, muestra PATRÓN más la adición de 20 KG/M3 de fibras de acero onduladas, no presentaron proceso de Segregación y Exudación, por lo cual no se tienen datos para ser procesados. La ausencia de proceso de segregación y exudación es positiva para nuestro diseño de concreto, y esto se debió a que la mezcla, en estado fresco, en las cuatro muestras presentaba una fluidez media.

### **Propiedades Mecánicas Del Concreto 280 Kg/M3**

Después de analizar las propiedades físicas del concreto, en estado fresco, se realizó el vaciado de 28 especímenes de concreto PATRÓN más el concreto PATRÓN con adición de 3 diferentes dosificaciones de fibras de acero onduladas, como indica el muestreo del presente proyecto de investigación.

### **Resistencia a la Compresión del Concreto**

Se vertió concreto a 12 moldes cilíndricos de dimensiones aproximadas, 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, en 4 grupos de 3 moldes, el primer grupo de especímenes comprende de concreto PATRÓN, el segundo grupo de probetas comprende al concreto PATRÓN más la adición de 10 KG/M3 de fibras de acero onduladas, el tercer grupo de especímenes comprende al concreto PATRÓN más la adición de 15 KG/M3 de fibras de acero onduladas y el cuarto grupo comprende de concreto PATRÓN más la adición de 20 KG/M3 de fibras de acero onduladas. Cada molde fue vaciado en dos capas, con 25 golpes cada capa, posteriormente se etiquetó cada probeta. El proceso de curado se dio en una cámara de curado, donde las probetas se mantuvieron saturadas de agua durante 28 días, para su posterior ensayo de compresión. Todo este proceso se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

**Tabla 36: Resultados de ensayo de resistencia a compresión**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				NTP 339.034		EDAD 28 días	F'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	A/C 0.59	
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	D. PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
P1	PATRÓN 1	22/10/2019	19/11/2019	10.04 10.04	10.04	79.17	24445	309	310
P1	PATRÓN 2	22/10/2019	19/11/2019	10.11 10.11	10.11	80.28	25362	316	
P3	PATRÓN 3	22/10/2019	19/11/2019	10.25 10.26	10.26	82.60	25259	306	
P1 10 kg/m <sup>3</sup>	001 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.09 10.10	10.10	80.04	25221	315	307
P2 10 kg/m <sup>3</sup>	002 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.29 10.32	10.31	83.40	25044	300	
P3 10 kg/m <sup>3</sup>	003 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.04 10.00	10.02	78.85	24016	305	
P1 15 kg/m <sup>3</sup>	001 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.04 9.98	10.01	78.70	23840	303	302
P2 15 kg/m <sup>3</sup>	002 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	9.97 10.06	10.02	78.78	24225	308	
P3 15 kg/m <sup>3</sup>	003 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.25 10.23	10.24	82.36	24384	296	
P1 20 kg/m <sup>3</sup>	001 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.28 10.22	10.25	82.52	27757	336	327
P2 20 kg/m <sup>3</sup>	002 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.25 10.24	10.25	82.44	26761	325	
P3 20 kg/m <sup>3</sup>	003 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.21 10.24	10.23	82.11	26378	321	

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

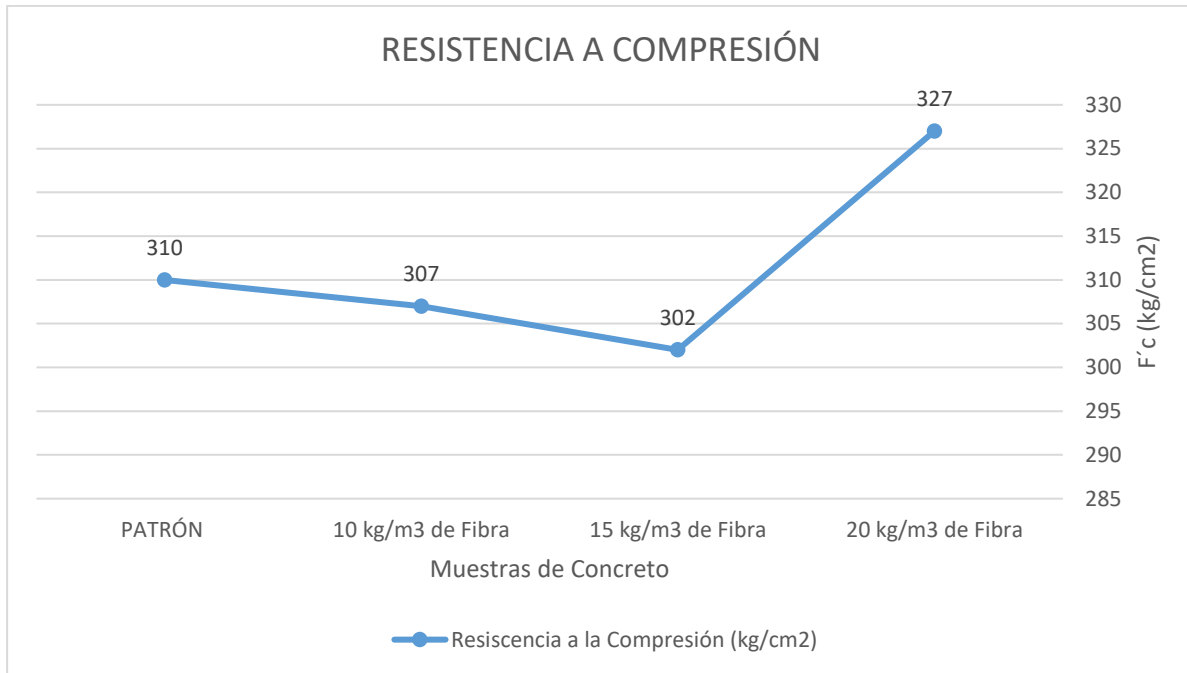


Figura 42: Resultados de resistencia a la compresión

**Análisis e interpretación:** En el gráfico de dispersión mostrado, en el eje X se encuentran las 4 muestras de concreto Patrón y concreto fibroreforzado, con 3 diferentes porcentajes de fibras. En el eje Y se encuentra el  $F'c$  del concreto expresado en kg/cm<sup>2</sup>. El concreto Patrón mantiene un promedio de  $F'c = 310$  kg/cm<sup>2</sup>, lo cual está por encima del  $F'c$  requerido (280 kg/cm<sup>2</sup>), debido a un diseño con factor de seguridad, el concreto fibroreforzado con 10 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero presento un promedio de  $F'c = 307$  kg/cm<sup>2</sup>, y también está por encima del  $F'c$  requerido, con un descenso despreciable de 1% con respecto al  $F'c$  del concreto Patrón. La muestra con 15 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero ondulado presentó un promedio de  $F'c = 302$  kg/cm<sup>2</sup>, permaneciendo sobre el  $F'c$  requerido, con un descenso de 3% respecto a la muestra Patrón. La muestra con 20 kg/m<sup>3</sup> de hebras presento un promedio de  $F'c = 327$  kg/cm<sup>2</sup>, con un crecimiento de 6% de  $F'c$  con respecto al concreto Patrón. Se determinó que, las fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado aportan al crecimiento del  $F'c$  en un 6%, calificando como dosificación optima a 15 kg/m<sup>3</sup> de fibras.

### Resistencia a la Tracción del concreto

El proceso de vaciado y curado de probetas de concreto para el ensayo a tracción, es idéntico al preparado de especímenes para el ensayo a compresión. En la *Tabla 36* se muestran los resultados del ensayo de compresión diametral, realizado bajo parámetros de NTP 339.084.

**Tabla 37:** Resultados de ensayo de resistencia a la tracción

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				NTP 339.034		EDAD 28 días	F'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	A/C 0.59		
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	D. PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	H. PROMEDIO (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
		OBTENCIÓN	ENSAYO							
P1	PATRÓN 1	22/10/2019	19/11/2019	10.20	10.18	20.01	20.01	12876	40	42
				10.15		20.01				
P1	PATRÓN 2	22/10/2019	19/11/2019	10.07	10.07	20.15	20.20	13827	43	
				10.06		20.25				
P3	PATRÓN 3	22/10/2019	19/11/2019	10.12	10.08	20.12	20.12	13424	42	
				10.04		20.12				
P1 10 kg/m <sup>3</sup>	001 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.06	10.05	20.10	20.11	13348	42	
				10.04		20.11				
P2 10 kg/m <sup>3</sup>	002 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.19	10.18	20.03	20.04	12012	37	
				10.17		20.04				
P3 10 kg/m <sup>3</sup>	003 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.13	10.11	20.11	20.10	12034	38	
				10.08		20.09				
P1 15 kg/m <sup>3</sup>	001 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.30	10.30	20.20	20.18	13718	42	
				10.29		20.15				
P2 15 kg/m <sup>3</sup>	002 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.39	10.39	20.11	20.11	13475	41	
				10.38		20.10				
P3 15 kg/m <sup>3</sup>	003 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.45	10.44	20.12	20.12	14179	43	
				10.42		20.12				
P1 20 kg/m <sup>3</sup>	001 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.06	10.08	20.00	20.03	13240	42	
				10.09		20.05				
P2 20 kg/m <sup>3</sup>	002 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.04	10.04	20.10	20.11	13295	42	
				10.03		20.12				
P3 20 kg/m <sup>3</sup>	003 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	10.03	10.04	20.05	20.06	12619	40	
				10.05		20.06				

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).



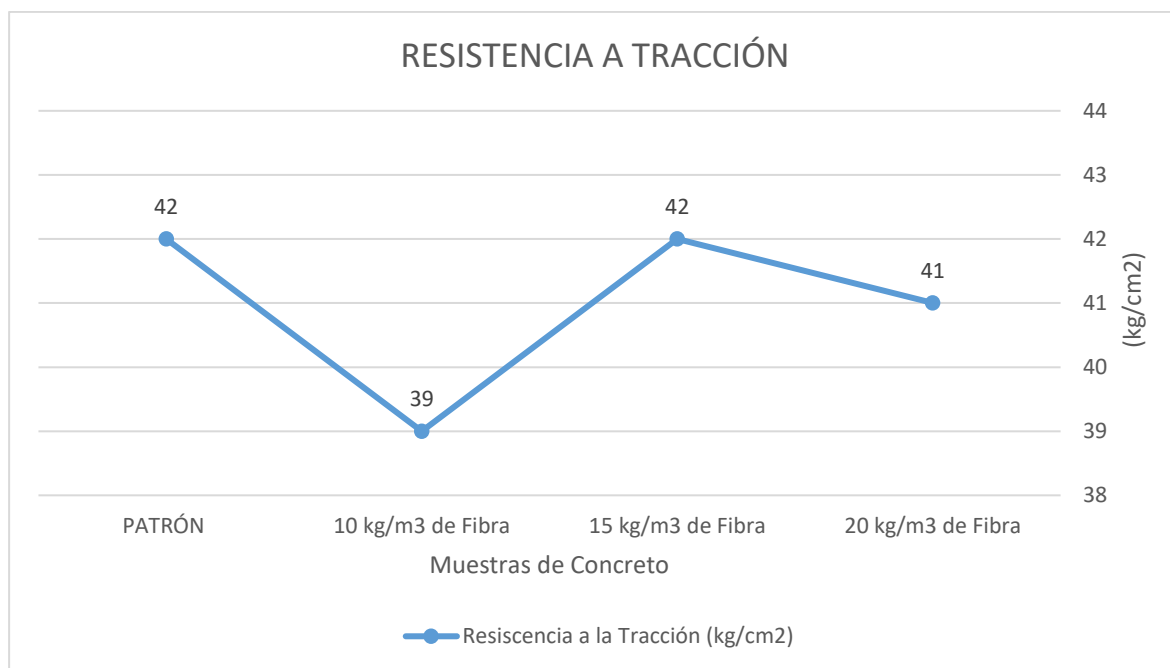


Figura 43: Resultados de resistencia a la tracción, mediante compresión diametral

**Análisis e interpretación:** En el gráfico de dispersión mostrado, en el eje X se encuentran las 4 muestras de concreto Patrón y concreto fibrorreforzado, con 3 diferentes porcentajes de fibras. En el eje Y se encuentra la resistencia a la tracción del concreto (compresión diametral, Fct) expresado en kg/cm<sup>2</sup>. El concreto Patrón mantiene un promedio de Fct = 42 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual está por encima del Fct requerido (31 kg/cm<sup>2</sup>), en teoría el  $F_{ct} = 10\% \times F'c$ . El concreto fibrorreforzado con 10 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero presento un promedio de Fct = 39 kg/cm<sup>2</sup>, y también está por encima del Fct requerido, con un descenso de 7% con respecto al Fct del concreto Patrón. La muestra con 15 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero ondulado presentó un promedio de Fct = 42 kg/cm<sup>2</sup>, permaneciendo sobre el Fct requerido, manteniendo el mismo Fct de la muestra Patrón. La muestra con 20 kg/m<sup>3</sup> de hebras presento un promedio de Fct = 41 kg/cm<sup>2</sup>, con un descenso de 2% de Fct con respecto al concreto Patrón.

Se determinó que, las fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado no afectan a gran escala de manera negativa, tampoco aporta de manera positivo a la resistencia a la tracción del concreto. En tal sentido se califica como dosificación óptima al concreto fibrorreforzado con 15 kg/m<sup>3</sup> de fibras, debido a que no aumenta ni disminuye la resistencia a tracción.

### Resistencia a la Flexión del Concreto

Se realizó el vaciado de 4 vigas de concreto, cada viga fue obtenida de una tanda diferente, la primera viga de muestra PATRÓN, la segunda viga de muestra PATRÓN más la incorporación de 10 KG/CM<sup>3</sup> de hebras de acero ondulado, la tercera viga de muestra PATRÓN más la incorporación de 15 KG/CM<sup>3</sup> de hebras de acero ondulado y de muestra PATRÓN más la incorporación de 20 KG/CM<sup>3</sup> de hebras de acero ondulado. Las dimensiones aproximadas de los elementos prismáticos fueron de: 15 cm de altura (h), 15 cm de ancho (b) y 50 cm de longitud. Los 4 especímenes de concreto y concreto fibroreforzado fueron ensayados bajo parámetros de la NTP 339.078, ensayo realizado a los 28 días de curado de probetas, con un diseño de mezcla con relación A/C de 0.59. la carga máxima aplicada fue a los tercios del elemento prismático. Con una luz de 45 cm, para su posterior cálculo de módulo de rotura **Mr**.

**Tabla 38:** Resultados de ensayo de resistencia a la flexión

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO - CARGA A LOS TERCIOS				NTP 339.078			EDAD 28 días	F'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	A/C 0.59
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ALTURA (h) (cm)	ANCHO (b) (cm)	LONGITUD (cm)	LUZ (L) (cm)	CARGA MÁXIMA P (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm <sup>2</sup> )
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
P1	001 - PATRÓN 1	22/10/2019	19/11/2019	15.3	15.0	50.2	45	2940	37.7
P2 10 kg/m <sup>3</sup>	002 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	15.0	15.3	50.2	45	3430	44.8
P3 15 kg/m <sup>3</sup>	003 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	15.3	15.5	50.7	45	3790	47.0
P4 20 kg/m <sup>3</sup>	004 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019	15.2	15.4	50.3	45	3400	43.0

Fuente: Recopilado de laboratorio (LEM)(UNI).

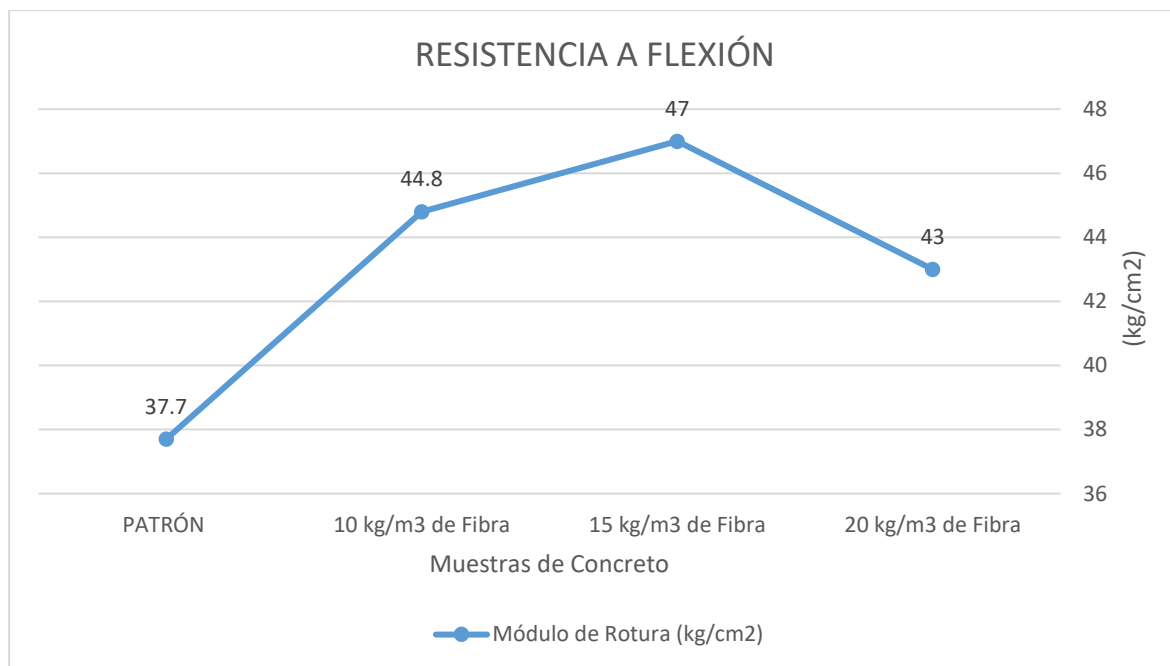


Figura 44: Resultados de resistencia a la flexión

**Análisis e interpretación:** En el gráfico de dispersión mostrado, en el eje X se encuentran las 4 muestras de concreto Patrón y concreto fibrorreforzado, con 3 diferentes porcentajes de fibras. En el eje Y se encuentra la resistencia a la flexión del concreto (en vigas, Mr) expresado en kg/cm<sup>2</sup>. El concreto Patrón presentó un Mr = 37.7 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual está por encima del Mr requerido (35 kg/cm<sup>2</sup>), en teoría el  $Mr = 1.99 \times \sqrt{F'c}$ . El concreto fibrorreforzado con 10 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero presentó un Mr = 44.8 kg/cm<sup>2</sup>, y también está por encima del Mr requerido, con un aumento de 19% con respecto al Mr del concreto Patrón. La muestra con 15 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero ondulado presentó un Mr = 47 kg/cm<sup>2</sup>, permaneciendo sobre el Mr requerido, con un aumento de 25% con respecto al Mr del concreto Patrón. La muestra con 20 kg/m<sup>3</sup> de hebras presentó un Mr = 43 kg/cm<sup>2</sup>, con un aumento de 14% de Mr con respecto al concreto Patrón.

Se determinó que, las fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado aportan a la resistencia a la flexión en un 25%, calificando como dosificación óptima a 15 kg/m<sup>3</sup> de fibras. A partir de esta dosificación a medida que aumenta la proporción de la fibra con relación al m<sup>3</sup> de concreto el Mr empieza a disminuir.

## **IV. DISCUSIONES**

(CARRANZA, 2018), en su tesis **titulada** “Aplicación de fibras de acero para mejorar el comportamiento mecánico del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en losas industriales en el distrito de Huarochirí-Lima” **concluye** que, aumenta considerablemente la tracción del concreto en un 36%, en cuanto a la flexión mejora en un 95%, al incorporar en el diseño de mezcla un 5.2% de fibra de acero comercial.

A comparación del presente proyecto de investigación que se determinó que, las fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado no afectan a gran escala de manera negativa, tampoco aporta de manera positivo a la resistencia a la tracción del concreto. En tal sentido se califica como dosificación óptima al concreto fibroreforzado con 15 kg/m<sup>3</sup> de fibras, debido a que no aumenta ni disminuye la resistencia a tracción, obteniendo los mismos resultados de la muestra patrón. En el caso de resistencia a la flexión la fibra de acero ondulada aporta un incremento de 6 % con una dosificación de 15 kg/m<sup>3</sup> de hebras, se obtiene resultados positivos al igual que la investigación de Carranza.

(ARCONDO , y otros, 2017). En su tesis **titulado**, “Evaluación comparativa de la resistencia a la tracción y revenimiento de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionado con fibras de alambre galvanizado en forma de púas vs rectilíneas con ganchos, en porcentajes de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%”, Los autores llegaron a la **conclusión** que, los especímenes de concreto fibroreforzado con alambres de púas galvanizado en un 2.0% y el espécimen de concreto embebido con fibra de tipo anclaje en un 1.5%, tienen una resistencia traccional superior comparada a una probeta de concreto sin refuerzo, por otro lado, se llegó a la conclusión que, mientras mayor sea el porcentaje de hebras incluidas al concreto, menor será su trabajabilidad.

Se discrepa los resultados de (ARCONDO , y otros, 2017), ya que, el concreto Patrón mantiene un promedio de  $F_{ct} = 42$  kg/cm<sup>2</sup>, El concreto fibrorreforzado con 10 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero presento un promedio de  $F_{ct} = 39$  kg/cm<sup>2</sup>, con un descenso de 7% con respecto al  $F_{ct}$  del concreto Patrón. La muestra con 15 kg/m<sup>3</sup> de hebras de acero ondulado presentó un promedio de  $F_{ct} = 42$  kg/cm<sup>2</sup>, manteniendo el mismo  $F_{ct}$  de la muestra Patrón. La muestra con 20 kg/m<sup>3</sup> de hebras presento un promedio de  $F_{ct} = 41$  kg/cm<sup>2</sup>, con un descenso de 2% de  $F_{ct}$  con respecto al concreto Patrón. No se muestran variaciones considerables que indiquen crecimiento de resistencia a tracción, no obstante, no presenta resultados negativos que limiten el uso de fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado como refuerzo para el concreto.

(URIBE, 2017), cuya tesis lleva por **título**, “Influencia de las fibras WirandFF1®, en las características físicas y mecánicas del concreto  $f'c$  28Mpa, en el distrito de Lima, 2017”, El autor, **concluye** lo siguiente, al incluir las fibras Wirand® FF1 embebidas en el concreto, disminuye el slump un 25% a comparación del hormigón simple. El peso de los agregados varia en un 0.3% respecto al diseño inicial. La resistencia mecánica (resistencia de compresión, tracción y flexión) mejora considerablemente, cuando se le agrega fibras de acero Wirand® FF1 en una adición mayor o igual a 25 kg/m<sup>3</sup>.

En concordancia con los resultados de Uribe, en el presente proyecto de investigación se determinó que, las fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado aportan al crecimiento del  $F'c$  en un 6%, calificando como dosificación optima a 15 kg/m<sup>3</sup> de fibras. Además que esta es la dosificación propuesta por los fabricantes de fibras onduladas comerciales (HERU) y (CONFIBRA).

Se discute a los anteriores autores mostrados que, la trabajabilidad aumenta en medida que aumenta la dosificación de la fibra de acero ondulada, esto sucede hasta llegar a la dosificación de 15 kg/m<sup>3</sup> de hebras, esto es debido a dos factores, el primero, la geometría de la fibra, y el segundo, el revestimiento de la fibra. No obstante, cuando se supera esta dosificación el concreto fibroreforzado pierde trabajabilidad.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Se **determinó** que, la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado **influye** en las propiedades del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , ya que con una dosificación óptima de  $15 \text{ kg/m}^3$  de hebras de acero onduladas, se mantiene un slump de 3", no presenta segregación ni exudación, aumenta la  $F'c$  en un 6%, mantiene su resistencia a tracción y aumenta la resistencia a flexión en un 25%, comparado con un concreto convencional. Se concluye que las fibras de acero onduladas **influyen de manera parcial** en las propiedades del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con una dosificación óptima de  $15 \text{ kg/m}^3$  de fibras.
2. Se **determinó** que, la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado **influye de manera parcial** en las propiedades físicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , debido a que con una dosificación óptima de  $15 \text{ kg/m}^3$  de fibras de acero se tiene una trabajabilidad aceptable para elementos estructurales tales como losas, columnas, vigas y muros (Committee ACI: 211.1-19, 2019), si se supera esta dosificación, el concreto fibroreforzado tiende a perder trabajabilidad. dicho sea de paso, es la misma dosificación recomendada por los fabricantes (HERU) y (CONFIBRA) de fibras de acero onduladas comerciales. Por parte de la segregación y exudación no se obtuvo resultados negativos, el concreto no experimento estos fenómenos con ninguna dosificación. Se concluye que las fibras de acero onduladas **influyen de manera parcial** en las propiedades físicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con una dosificación óptima de  $15 \text{ kg/m}^3$  de fibras.
3. Se **determinó** que, la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado **influye de manera positiva** en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , debido a que, las fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado aportan al crecimiento del  $F'c$  en un 6%, calificando como dosificación óptima a  $15 \text{ kg/m}^3$  de fibras. Las fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado no afectan a gran escala de manera negativa, tampoco aporta de manera positivo a la resistencia a la tracción del concreto. En tal sentido se califica como dosificación óptima al concreto fibroreforzado con  $15 \text{ kg/m}^3$  de fibras, debido a que no aumenta ni disminuye la resistencia a tracción. Las fibras de acero onduladas a partir de alambre galvanizado aportan a la resistencia a la flexión en un 25%, calificando como dosificación óptima a  $15 \text{ kg/m}^3$  de fibras. A partir de esta dosificación a medida que



aumenta la proporción de la fibra con relación al m<sup>3</sup> de concreto el Mr empieza a disminuir. Se concluye que las fibras de acero onduladas **influyen de manera positiva** en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con una dosificación óptima de 15 kg/m<sup>3</sup> de fibras.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ Se recomienda a futuros investigadores, realizar un estudio más amplio de las propiedades faltantes del concreto, además, analizar las fibras de acero onduladas, con diferentes grados de ondulaciones y diferentes dimensiones, también realizar un análisis de costos unitarios para evaluar y comparar la fabricación de fibras de concreto onduladas a partir de alambre galvanizado con fibras de acero onduladas comerciales.
- ✓ Se recomienda utilizar aditivo plastificante para tener una mezcla fluida en un concreto fibroreforzado, debido a que las fibras en medida que aumenta su dosificación, disminuye el slump. Siendo un aspecto negativo en las propiedades físicas del concreto, sin embargo, con una dosificación óptima de 15 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero onduladas, el concreto presenta un slump aceptable dentro del rango para elementos estructurales.
- ✓ Se recomienda utilizar como dosificación, 15 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero onduladas, con relación al volumen de concreto. Para tener resultados favorables en las propiedades mecánicas del concreto, con incremento significativo, en la resistencia a la Compresión y Flexión

## **REFERENCIAS**

## Referencias

1. **ACI 544.3R-08. 2008.** *Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber-Reinforced Concrete.* Michigan : American Concrete Institute, 2008.
2. **ARAGON, Miguel y CORNEJO, Mitward. 2017.** *Influencia de las fibras en el shotcrete en su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión.* Arequipa : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN, 2017. Proyecto de Investigación.
3. **ARCELORMITTAL. 2011.** *Technical data sheet, Undulated steel fibres.* s.l. : ArcelorMittal Bissen & Bettembourg, 2011.
4. **ARCONDO , Paolo y MERCADO, Euler. 2017.** *Evaluación comparativa de la resistencia a la tracción y revenimiento de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionado con fibras de alambre galvanizado en forma de púas vs rectilíneas con ganchos, en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%.* cusco : Universidad Andina del Cusco, 2017. Proyecto de Investigación.
5. **ASOCEM. 2019.** Reporte Estadístico Mensual Marzo 2019. *Reporte Estadístico Mensual Marzo 2019.* [En línea] Asociación de Productores de Cemento, Marzo de 2019. [Citado el: 2 de mayo de 2019.] <http://www.asocem.org.pe/estadisticas-nacionales/reporte-estadistico-mensual-marzo-2019>.
6. **ASTM A 820 – 96.** *Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete.* Filadelfia : ASTM International.
7. **ASTM C 1116 . 2015.** *Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete.* Filadelfia : ASTM International, 2015.
8. **ASTM C 293. 2011.** *Historical Standard: Standard test method for determining the flexural strength of concrete (using simple beam with load to the center).* Filadelfia : ASTM International, 2011.
9. **ASTM C 496, IT-CA-34.** *Resistance to indirect tension of concrete cylinders.* Filadelfia : ASTM International.
10. **ASTM C143/C143M - 15a.** *Standardized Test Method for Hydraulic Cement Concrete Settlement.* Filadelfia : ASTM International.
11. **ASTM C1712 - 17. 2017.** *Standard Test Method for Rapid Assessment of Static Segregation Resistance of Self-Consolidating Concrete Using Penetration Test.* Filadelfia : ASTM International, 2017.
12. **ASTM C172 / C172M - 17.** *Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete.* Filadelfia : ASTM International.
13. **ASTM C232 / C232M - 14. 2019.** *Standard Test Method for Bleeding of Concrete.* Filadelfia : ASTM International, 2019.
14. **ASTM C39/C39M - 18. 2018.** *Standard Test Method for Resistance to Compression of Cylindrical Concrete Specimens.* Filadelfia : ASTM International, 2018.

15. **ASTM C78-02.** *Historical Standard: Standard test method for the determination of concrete flexural strength (using simple beam with load in the thirds of the clearing).* Filadelfia : ASTM International.
16. **BENITO , F, y otros. 2015.** *Método para cuantificar la segregación en hormigones autocompactantes.* México : Concreto y cemento. Investigación y desarrollo, 2015. Artículo Científico. 2007-3011.
17. **BERENGUER, R, y otros. 2018.** *On the influence of sugarcane bagasse ashes as a partial replacement of cement in compressive strength of mortars.* México : editorial@revistaalconpat.org, 2018. Artículo Científico. 2007-6835.
18. **BOADA, Mónica y REYES, Fredy. 2012.** *Comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto MR-3.5MPa para pavimento con adición de fibras plásticas.* Mérida : Universidad de los Andes, 2012. Artículo Científico. 1316-7081.
19. **BUSTAMANTE VASQUEZ, Oscar. 2017.** Capitulo 2, Notación y Definiciones, Aditivos . *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima : Deposito legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2017.
20. **BUSTAMANTE VÁSQUEZ, OSCAR. 2017.** Capítulo 2, Notación y Definiciones, Agregado. [aut. libro] Oscar BUSTAMANTE VÁSQUEZ. *Reglamento Nacional de Edificaciones* . Lima : Deposito legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2017.
21. **BUSTAMANTE, Oscar. 2017.** Capítulo 2, Notación y Definiciones, Cemento Portland. *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima : Deposito legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2017.
22. —. **2017.** Capitulo 3, Materiales, Aditivos . *Reglamento Nacional De Edificaciones* . Lima : Deposito legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2017.
23. —. **2017.** Capítulo 3, Materiales, Agua. *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima : Deposito legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2017.
24. **CARRANZA, Johan. 2018.** *Aplicación de fibras de acero para mejorar el comportamiento mecánico del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en losas industriales en el distrito de Huarochirí-Lima.* Huarochirí : Universidad Cesar Vallejo, 2018. Proyecto de Investigación.
25. **CARRILLO, Julian y SILVA, Diego. 2016.** *Ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero.* México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2016. Artículo Científico. 1405-7743.
26. **CARRILLO, Julián, APERADOR, William and GONZÁLE, Giovanni. 2013.** *Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero.* Distrito Federal, México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2013. Artículo Científico. 1405-7743.
27. **CARRILLO, Julian, BARRERA, Angélica y ACOSTA, Diego. 2014.** *Evaluación del desempeño a tensión por compresión diametral del concreto reforzado con fibras*

- de acero ZP-306*. Cali : Universidad del Valle, 2014. Artículo Científico . 0123-3033.
28. **CARRILLO, Julian, CÁRDENAS, Jhon y APERADOR, Wilian. 2015.** *Efecto del ion cloruro sobre las propiedades mecánicas a compresión del concreto*. Barranquilla : Universidad del Norte, 2015. Artículo Científico . 0122-3461.
  29. **CHAVEZ GAMARRA, Richard Jesus. 2012.** *Tecnología de los materiales, Consistencia del concreto fresco*. s.l. : scribd, 2012. Artículo Científico.
  30. **Committee ACI 318S-11. 2011.** *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Michigan : American Concrete Institute, 2011.
  31. **Committee ACI 544,5R-10. 2010.** *Report on the Physical Properties and Durability of Fiber Reinforced Concrete*. Michigan : American Concrete Institute, 2010.
  32. **Committee ACI 544.1R-96. 2002.** *Report on Fiber Reinforced Concrete*. Michigan : American Concrete Institute, 2002.
  33. **Committee ACI: 211.1-19. 2019.** *Standard practice for selecting proportions for normal heavyweight and mass concrete*. Michigan : American Concrete Institute, 2019.
  34. **CONFIBRA.** *Fibra de Acero Ondulada, Características técnicas*. s.l. : ConFibra.
  35. **COVAL.** *DISTRIBUIDOR MAYORISTA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN, Ficha técnica de alambre galvanizado* . s.l. : Proalco .
  36. **CUELLAR, Julio. 2017.** *EXUDACION del concreto*. 2017. Artículo Científico.
  37. **DE LIMA, Daniel, et al. 2014.** *Shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams*. Maringá : Universidade Estadual de Maringá, 2014. Artículo Científico . ISSN: 1806-2563.
  38. **DE RIVAZ, B. 2011.** *FIBRE REINFORCED SPRAY CONCRETE FOR COMPLIANCE WITH SITE SAFETY REQUIREMENT*. Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo. Distrito Federal, México : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2011. Artículo Científico. 2007-3011.
  39. **EDING APS. 2019.** FIBRAS DE ACERO. *Fibra de acero ondulada sección circular*. [En línea] EDING APS, 2019. [Citado el: 25 de mayo de 2019.] <http://www.edingaps.com/productos/fibras-de-acero>.
  40. **FAISAL, N, et al. 2019.** *Diametral compression test method to analyse relative surface stresses in thermally sprayed coated and uncoated circular disc specimens*. s.l. : Surface & Coatings Technolog, 2019. Artículo Científico.
  41. **FERREIRA, M, y otros. 2019.** *Influence of anchorage on flexural strength of beams strengthened with CFRP sheets*. Brasilia : revista ALCONPAT, 2019. Artículo Científico. 2007-6835.
  42. **FIDIAS, G. 2012.** *El Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología*. [ed.] Sexta. Caracas : Editorial Episteme, 2012. 980-07-8529-9.

43. **FLORES, Nelson, et al. 2017.** *Mechanical and thermal properties of concrete incorporating rubber and fibres from tyre recycling.* Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2017. Artículo Científico.
44. **GEOSEISMIC. 2017.** NOTICIAS. *PROPIEDADES DEL CONCRETO.* [En línea] GEOSEISMIC, 01 de diciembre de 2017. [Citado el: 26 de mayo de 2019.] <http://www.geoseismic.cl/propiedades-del-concreto/>.
45. **GONZÁLEZ, Octavio, y otros. 2012.** *EXPLORACIÓN CON REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA ESTIMAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, EN CONCRETOS FIBROREFORZADOS CON ACERO.* Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada, 2012. Artículo Científico. 0124-8170.
46. **HERU.** *Ficha técnica, FIBRA DE ACERO ONDULADA.* México : HERU, comercializadora y servicios de construcción.
47. **JUÁREZ, A, et al. 2015.** *COMPORTAMIENTO ANALÍTICO-EXPERIMENTAL A CORTANTE EN VIGAS DE CONCRETO FIBROREFORZADO.* Distrito Federal, México : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2015. Artículo Científico. 2007-3011.
48. **JUÁREZ, C, et al. 2017.** *Compuestos cementantes fibroreforzados de bajo impacto ambiental comportamiento mecánico.* Mérida, México : Construcción, A. C., 2017. Artículo Científico. 2007-6835.
49. **LABÁN, Felix . 2017.** *Uso de aditivo súper plastificante disminuirá el costo del concreto en la construcción del conjunto habitacional Catalina, Puente Piedra – 2017.* Lima : Universidad César Vallejo, 2017.
50. **LAMUS, Fabián, CAICEDO, Manuel and LINERO, Dorian. 2011.** *Numerical modelling of elastic behaviour of concrete reinforced with steel short fibres in plane stress conditions.* Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2011. Artículo Científico. 0120-5609.
51. **MACCAFERRI. 2015.** *Fibras como Elemento Estructural para el Refuerzo del Hormigón, Manual Técnico .* Brasilia : MACCAFERRI America Latia, 2015.
52. **MÁRMOL Salazar, Patricia cristina. 2010.** *Hormigones con fibras de acero características mecánicas.* Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2010. Artículo Científico .
53. **MARTÍNEZ, W, et al. 2015.** *Concreto reciclado: una revisión.* Mérida : Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, A. C., 2015. Artículo Científico. 2007-6835.
54. **MENDOZA, Javier, AIRE, Carlos and DÁVILA, Paula. 2011.** *INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADOS PLÁSTICO Y ENDURECIDO.* Distrito Federal, México : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2011. Artículo Científico. 2007-3011.



55. **MORENO, E, y otros. 2013.** *Efecto de las fibras poliméricas en la permeabilidad y características mecánicas del concreto con agregado calizo de alta absorción.* Mérida : Universidad Autónoma de Yucatán, 2013. Artículo Científico. 1665-529X.
56. **NATARAJAN, Eswari. 2017.** *DUCTILITY RESPONSE OF HYBRID FIBRE REINFORCED CONCRETE BEAMS.* Paraíba : Universidade Federal da Paraíba, 2017. Artículo Científico. 1982-3932.
57. **NTP 339.034. 2013.** *Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de concreto.* Lima : Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, 2013.
58. **NTP 339.035. 1999.** *HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición de asentamiento del hormigón con el cono de Abrams .* Lima : Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 1999.
59. **NTP 339.077. 2013.** *CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto.* Lima : Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, 2013.
60. **NTP 339.078. 2012.** *Metodo de ensayo normalizado de resistencia a la flexión.* Lima : Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, 2012.
61. **NTP 339.084. 2012.** *Metodo de ensayo normalizado de tracción simple por compresión diametral.* Lima : Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, 2012.
62. **PACHECO, Germán. 2016.** *Resistencia a compresión axial del concreto  $F'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup> incorporando diferentes porcentajes de viruta de acero ensayadas a diferentes edades,* UPN. Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2016. Proyecto de Investigación.
63. **PASCAL, Enrique. 1998.** *Temas de Tecnología de Concreto en el Perú.* Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.
64. **Portland Cement Association. 2001.** *Concrete Slab Surface Defects: Causes, Prevention, Repair.* New York City : Portland Cement Association, 2001. Revista Indexada. IS177.
65. **REYES, Katherine. 2016.** *Segregación Del Concreto.* 2016. Artículo Científico.
66. **SAN BARTOLOMÉ, Ángel and RÍOS, Rafael. 2013.** *COMPORTAMIENTO A FUERZA CORTANTE DE MUROS DELGADOS DE CONCRETO REFORZADOS EN SU ZONA CENTRAL CON BARRAS DE ACERO, FIBRA DE POLIPROPILENO Y CON FIBRA DE ACERO.* Distrito Federal, México : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2013. 2007-3011.
67. **SÁNCHEZ, Fernando. 2009.** *Estudio de las características del concreto con inclusión de fibras metálicas y cemento portland tipo I.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2009. Proyecto de Investigación.

68. *Sikament® TM-140*. **SIKA. 2015**. Lima : SIKA PERÚ SA, 22 de enero de 2015, Ficha técnica, Vol. 6, pág. 4.
69. **URIBE, Williams. 2017**. *Influencia de las fibras de acero WirandFF1®, en las características físicas y mecánicas del concreto f'c 28Mpa, en el distrito de Lima*. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2017. Proyecto de Investigación.
70. *Uso de la fibras sintéticas en el concreto proyectado*. **CIP. 2015**. Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 2015, Vol. 17.
71. **VALDERRAMA, Santiago. 2015**. *Pasos para elaborar proyecto de investigación científica* . Lima : San Marcos, 2015. 978-612-302-878-7.
72. **VÁSQUEZ, Julio. 2018**. *Incremento de la resistencia flexional del concreto mediante la aplicación de fibras de acero de neumáticos reciclados en la ciudad de Lima*. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2018. Proyecto de Investigación.
73. **worldsteel. 2019**. April 2019 crude steel production. *April 2019 crude steel production*. [Online] worldsteel association, mayo 27, 2019. [Cited: mayo 29, 2019.] <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2019/April-2019-crude-steel-production.html>.

## **ANEXOS**

**ANEXO1: Matriz de Consistencia**

**‘DOSIFICACIÓN DE CONCRETO FIBROREFORZADO CON ACERO ONDULADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  $f_c=280\text{kg/cm}^2$ , LIMA- 2019’**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEIODOLOGÍA			
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades del concreto <math>f_c=280\text{kg/cm}^2</math>, lima-2019?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar de qué manera la dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades del concreto <math>f_c=280\text{kg/cm}^2</math>, lima-2019</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La dosificación de concreto fibroreforzado con alambre ondulado influye en las propiedades del concreto <math>f_c=280\text{kg/cm}^2</math>, lima-2019</p>	<p>Variable Independiente:  DOSIFICACIÓN DE CONCRETO FIBROREFORZADO CON ALAMBRE ONDULADO</p>	PROPIEDADES DE LA FIBRA	geométricas	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: <b>Aplicada</b></p>			
					DOSIFICACIONES		mecánicas	<p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: <b>Explicativa</b></p>	
							Relación de aspecto		
				10kg/cm <sup>2</sup>					
				COMPOSICIÓN DEL CONCRETO (280 kg/cm <sup>2</sup> )	15kg/cm <sup>2</sup>		<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: <b>Experimental</b></p>		
					20kg/cm <sup>2</sup>				
					cemento				
					agregado				
				PROPIEDADES FÍSICAS	Agua				<p>POBLACIÓN: <b>Especímenes de concreto</b></p>
					Aditivo				
Consistencia (in)									
PROPIEDADES DEL CONCRETO (280 kg/cm <sup>2</sup> )	Segregación (%)	<p>MUESTRA: <b>28 especímenes de concreto</b></p>							
	Exudación (%)								
	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )								
PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		<p>TÉCNICA: <b>Observación</b></p>						
	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )								
	INSTRUMENTOS: Recolección de datos								

**ANEXO 2: Ficha técnica, Variable dependiente, ensayo de consistencia, segregación y exudación**

DISEÑO DE MEZCLA ( f 'c = 280 Kg/cm <sup>2</sup> )					
CONCRETO		CEMENTO		AGUA	
F,c	280 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo	Sol Tipo 1	Tipo	Potable
SLUMP	3 a 4 Pulg	P.E	3150.00 kg/m <sup>3</sup>	P.E	1000.00 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		AGREGADO GLOBAL	
Módulo de Fineza	3.33	Módulo de Fineza	7.52	Tamaño Nominal Maximo	3/4"
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1726	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1481	Módulo de Fineza	4.46
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1907	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1642	% Agregado grueso	50.91
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.62	Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.77	% Agregado Fino	49.09
Contenido de Humedad (%)	0.97	Contenido de Humedad (%)	0.31	<b>ADITIVO: Plastiment® HE-98</b>	
Porcentaje de Absorción (%)	1.01	Porcentaje de Absorción (%)	0.57	P.E 1170.00 lt/m <sup>3</sup>	0.90%
RELACIÓN A/C 0.59	Volumen de tanda 0.030	F. V.	22/10/2019	F. E.	22/10/2019
MATERIAL	MEZ		UND	CODIGO	
Cemento	10.17		kg	<b>001</b>	
Agua	6.08		Lt		
Arena	26.05		kg	Slump Requerido	
Piedra	28.39		kg	3 - 4 Pulg	
Aditivo SIKA, Plastiment® HE-98	91.53		g		
PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO: ENSAYO DE CONSISTENCIA, SEGREGACIÓN Y EXUDACIÓN					
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	ENSAYO DE CONSISTENCIA		ENSAYO DE SEGREGACION	ENSAYO DE EXUDACION
		NTP 339.035		NTP 339.187	NTP 339.077
		Slump Requer	Slump Real	% de Segregación	% de Exudación
P1	PATRÓN 1	3 - 4 Pulg	Pulg		
P2 10 kg/m <sup>3</sup>	002 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	3 - 4 Pulg	Pulg		
P3 15 kg/m <sup>3</sup>	003 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	3 - 4 Pulg	Pulg		
P4 20 kg/m <sup>3</sup>	004 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	3 - 4 Pulg	Pulg		

**ANEXO 3: Ficha técnica, Variable dependiente, ensayo de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas**

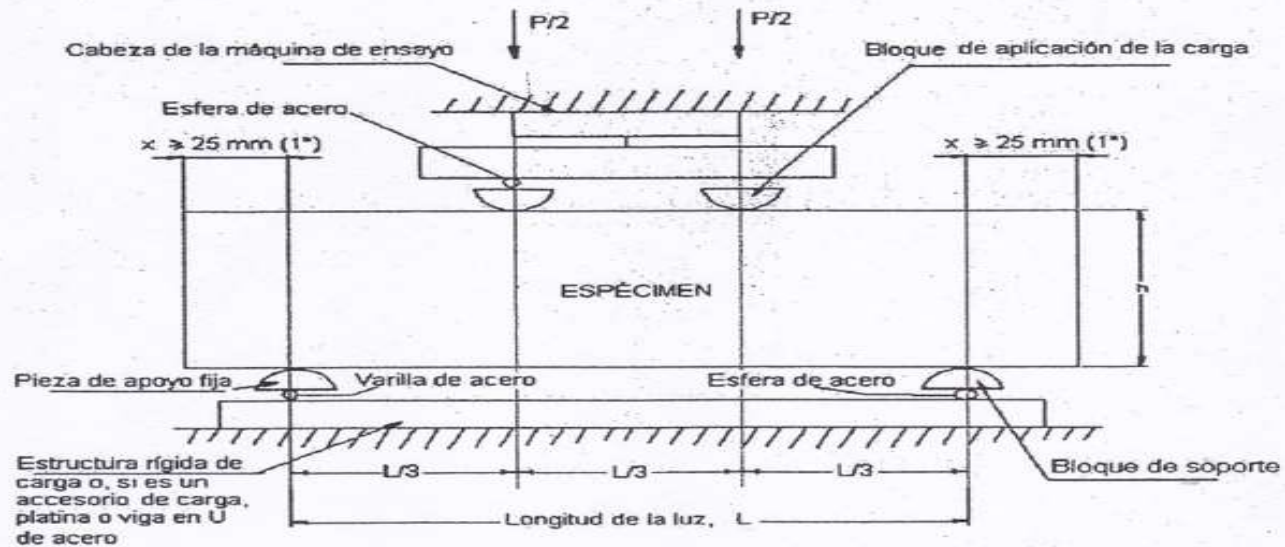
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				NTP 339.034		EDAD 28 días		F' c 280 kg/cm2		CODIGO 002	
A/C 0.59	TIPOS DE FRACTURA										
		Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4		Tipo 5	
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	D. PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm2)	TIPO DE FRACTURA		
		OBTENCIÓN	ENSAYO								
P1	PATRÓN 1	22/10/2019	19/11/2019								
P1	PATRÓN 2	22/10/2019	19/11/2019								
P3	PATRÓN 3	22/10/2019	19/11/2019								
P1 10 kg/m3	001 - 10 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								
P2 10 kg/m3	002 - 10 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								
P3 10 kg/m3	003 - 10 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								
P1 15 kg/m3	001 - 15 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								
P2 15 kg/m3	002 - 15 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								
P3 15 kg/m3	003 - 15 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								
P1 20 kg/m3	001 - 20 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								
P2 20 kg/m3	002 - 20 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								
P3 20 kg/m3	003 - 20 kg/m3 de Fibra	22/10/2019	19/11/2019								

**ANEXO 4: Ficha técnica, Variable dependiente, ensayo de resistencia a la compresión diametral del concreto en muestras cilíndricas.**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				NTP 339.034	EDAD 28 días	F'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	A/C 0.59	CODIGO 003		
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	D. PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	H. PROMEDIO (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	MODULO DE ROTURA (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
		OBTENCIÓN	ENSAYO							
P1	PATRÓN 1	22/10/2019	19/11/2019							
P1	PATRÓN 2	22/10/2019	19/11/2019							
P3	PATRÓN 3	22/10/2019	19/11/2019							
P1 10 kg/m <sup>3</sup>	001 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							
P2 10 kg/m <sup>3</sup>	002 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							
P3 10 kg/m <sup>3</sup>	003 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							
P1 15 kg/m <sup>3</sup>	001 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							
P2 15 kg/m <sup>3</sup>	002 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							
P3 15 kg/m <sup>3</sup>	003 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							
P1 20 kg/m <sup>3</sup>	001 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							
P2 20 kg/m <sup>3</sup>	002 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							
P3 20 kg/m <sup>3</sup>	003 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019							

**ANEXO 5: Ficha técnica, Variable independiente, ensayo de flexión en vigas de concreto - carga a los tercios**

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO - CARGA A LOS TERCIOS				NTP 339.078	EDAD 28 días	F'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	A/C 0.59	CODIGO 004	
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ALTURA (h) (cm)	ANCHO (b) (cm)	LONGITUD (cm)	LUZ (L) (cm)	CARGA MÁXIMA P (kg)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm <sup>2</sup> )
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
P1	001 - PATRÓN 1	22/10/2019	19/11/2019						
P2 10 kg/m <sup>3</sup>	002 - 10 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019						
P3 15 kg/m <sup>3</sup>	003 - 15 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019						
P4 20 kg/m <sup>3</sup>	004 - 20 kg/m <sup>3</sup> de Fibra	22/10/2019	19/11/2019						





**ANEXO 6: Validación de Instrumento, experto N°1**  
**VALIDACIÓN DE EXPERTOS, PRIMER EXPERTO**

PROYECTO	"DOSIFICACIÓN DE CONCRETO FIBROREFORZADO CON ACERO ONDULADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C = 28 MPA, LIMA - 2019"						
AUTOR	CESPEDES YALICO, Oscar Manuel						
EXPERTO N° 1	Marco Antonio Tejada Silva <i>Ing. a cargo de Área de control de calidad</i>						
Ubicación de la investigación y fecha de validación de instrumentos							
PROVINCIA	Lima			FECHA	27/11/19		
DEPARTAMENTO	Lima						
Validación de los instrumentos de medición			Validez-Rango				
			Validez Muy Baja	Validez Baja	Validez Moderada	Validez Alta	Validez Muy Alta
			0.01 - 0.20	0.21 - 0.40	0.41 - 0.60	0.61 - 0.80	0.81 - 1
PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO	D1	Consistencia					✓
	D2	Segregación					✓
	D3	Exudación					X
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO	D4	Resistencia a la Compresión					X
	D5	Resistencia a la Tracción					X
	D6	Resistencia a la Flexión					X
TOTAL			Validez Muy Alta				

**ANEXO 7: Validación de Instrumento, experto N°2**  
**VALIDACIÓN DE EXPERTOS, SEGUNDO EXPERTO**

PROYECTO		"DOSIFICACIÓN DE CONCRETO FIBROREFORZADO CON ACERO ONDULADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C = 28 MPA, LIMA - 2019"					
AUTOR		CESPEDES YALICO, Oscar Manuel					
EXPERTO N° 2		Santos Ricardo Padilla Picheñ Ing. Civil CIP: 51630					
Ubicación de la investigación y fecha de validación de instrumentos							
PROVINCIA	Lima			FECHA	28/11/19		
DEPARTAMENTO	Lima						
Validación de los instrumentos de medición			Validez-Rango				
			Validez Muy Baja	Validez Baja	Validez Moderada	Validez Alta	Validez Muy Alta
			0.01 - 0.20	0.21 - 0.40	0.41 - 0.60	0.61 - 0.80	0.81 - 1
PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO	D1	Consistencia				X	
	D2	Segregación				X	
	D3	Exudación				X	
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO	D4	Resistencia a la Compresión				X	
	D5	Resistencia a la Tracción				X	
	D6	Resistencia a la Flexión				X	
TOTAL			Validez Muy Alta				




  
 SANTOS RICARDO PADILLA PICHEÑ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 51630

**ANEXO 8: Validación de Instrumento, experto N°3  
VALIDACIÓN DE EXPERTOS, TERCER EXPERTO**

PROYECTO	"DOSIFICACIÓN DE CONCRETO FIBROREFORZADO CON ACERO ONDULADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C = 28 MPA, LIMA - 2019"						
AUTOR	CESPEDES YALICO, Oscar Manuel						
EXPERTO N° 3	Carlos Danilo Minaya Rosario		Ing. Civil CIP: 50187				
Ubicación de la investigación y fecha de validación de instrumentos							
PROVINCIA	Lima		FECHA	29/11/19			
DEPARTAMENTO	Lima						
Validación de los instrumentos de medición			Validez-Rango				
			Validez Muy Baja	Validez Baja	Validez Moderada	Validez Alta	Validez Muy Alta
			0.01 - 0.20	0.21 - 0.40	0.41 - 0.60	0.61 - 0.80	0.81 - 1
PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO	D1	Consistencia					X
	D2	Segregación					X
	D3	Exudación					X
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO	D4	Resistencia a la Compresión					X
	D5	Resistencia a la Tracción					X
	D6	Resistencia a la Flexión					X
TOTAL			Validez Muy Alta				

  
 CARLOS DANILLO MINAYA ROSARIO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187

**ANEXO 9: Validación de Instrumento, consolidado  
CONSOLIDADO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS**

PROYECTO	"DOSIFICACIÓN DE CONCRETO FIBROREFORZADO CON ACERO ONDULADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C = 28 MPA, LIMA - 2019"				
AUTOR	CESPEDES YALICO, Oscar Manuel				
Ubicación de la investigación y fecha de validación de instrumentos					
PROVINCIA	Lima	FECHA	29/11/19		
DEPARTAMENTO	Lima				
Validación de los instrumentos de medición		Validez-Rango			
		EXPERTO N° 1	EXPERTO N° 2	EXPERTO N° 3	
PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO	D1	Consistencia	1	1	1
	D2	Segregación	1	1	1
	D3	Exudación	1	1	1
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO	D4	Resistencia a la Compresión	1	1	1
	D5	Resistencia a la Tracción	1	1	1
	D6	Resistencia a la Flexión	1	1	1
RESUMEN TOTAL		Validez Muy Alta			
EXPERTO N° 1	Firma				
	Nombres y Apellidos	Marco Antonio Tajada Silva			
EXPERTO N° 2	Firma				
	Nombres y Apellidos	SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN INGENIERO CIVIL CIP-51630			
EXPERTO N° 3	Firma				
	Nombres y Apellidos	CARLOS DANILLO MINAYA ROSARIO INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187			

# ANEXO 10: Informe de Laboratorio de Ensayo de Materiales LEM-UNI

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil</b> <b>LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"</b>	<small>Comité de Ingeniería Civil Acreditada por</small>  <small>Engineering Technology Accreditation Commission</small>
		Pág. 1 de 5
<b>INFORME</b>		
<b>Del</b>	: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales	
<b>A</b>	: ALUMNO: CESPEDES YALICO OSCAR MANUEL	
<b>Asunto</b>	: Diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	
<b>Expediente N°</b>	: 19-3939	
<b>Recibo N°</b>	: 67899	
<b>Fecha de emisión</b>	: 21/10/2019	

---

**1.0 DE LOS MATERIALES**

**1.1 Cemento:**

Se utilizó cemento SOL Tipo I, proporcionado por el solicitante.

**1.2 Agregado Fino:**

Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA sin cantera especificada .

Las características se indican en el ANEXO 1.

**1.3 Agregado Grueso:**

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera GLORIA.

Las características se indican en el ANEXO 2.

**1.4 Combinación de Agregados:**

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

**1.5 Aditivo:**

Aditivo marca SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE Plastiment® HE-98, con un P.E. de  $1.17 \text{ g/cm}^3$  y un %Wcemento de 0.9%.

**1.6 Agua:**

Se uso agua potable procedente de la red UNI.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
Jefe (a) del laboratorio



**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---

<b>UNI-LEM</b> <small>La Calidad es nuestro compromiso Laboratorio Certificado ISO 9001</small>	 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25 apartado 1301 - Perú  (511) 381-3343  (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046	 <a href="http://www.lem.uni.edu.pe">www.lem.uni.edu.pe</a>  <a href="mailto:lem@uni.edu.pe">lem@uni.edu.pe</a>  Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI	
--	--	---	---



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Expediente N° : 19-3939

Pág. 7 de 5

### 2.0 DISEÑO DE MEZCLA FINAL ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ) CEMENTO SOL Tipo I

#### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
Asentamiento	.....	3" - 4"
Relación a/c de diseño	.....	0.59
Relación a/c de obra	.....	0.60
Proporciones de diseño	.....	1 : 2.54 : 2.78
Proporciones de obra	.....	1 : 2.56 : 2.79
Aditivo SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE Plastiment® HE-98	.....	382.5 g. por bolsa de cemento

#### 2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

Cemento	.....	345 Kg.
Arena	.....	875 Kg.
Piedra	.....	960 Kg.
Agua	.....	204 L.
Aditivo SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE Plastiment® HE-98	.....	3104.6 g.

#### 2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	345 Kg.
Arena	.....	884 Kg.
Piedra	.....	963 Kg.
Agua	.....	206 L.
Aditivo SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE Plastiment® HE-98	.....	3104.6 g.

#### 2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50 Kg.
Arena	.....	108.88 Kg.
Piedra	.....	118.83 Kg.
Agua	.....	25.42 L.
Aditivo SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE Plastiment® HE-98	.....	382.5 g.

#### 2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	1	2.23	2.83
Agua	25.42	L/bolsa	
Aditivo SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE Plastiment® HE-98	382.5 g. por bolsa de cemento		

#### 3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. T.M.T.



MSc. Ing. Isabel Moroni Nakata  
Jefe (a) del laboratorio

#### NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



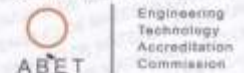


# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Centro de Ingeniería Civil Acreditada por



Pág. 3 de 5

### ANEXO 1

EXPEDIENTE N° : 19-3939

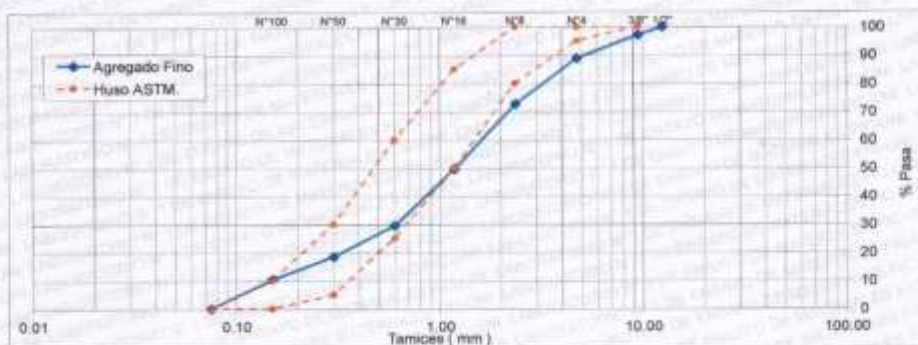
#### 1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

Consiste en una Muestra de ARENA GRUESA sin cantera especificada.

##### A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	9.50	2.8	2.8	97.2	100
N°4	4.75	8.2	11.0	89.0	95 - 100
N°8	2.36	16.2	27.3	72.8	80 - 100
N°16	1.18	23.1	50.4	49.6	50 - 85
N°30	0.60	20.0	70.4	29.6	25 - 60
N°50	0.30	11.1	81.5	18.5	5 - 30
N°100	0.15	8.1	89.6	10.4	0 - 10
FONDO		10.4	100.0	0.0	

##### B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



##### C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	3.33
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1726
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1907
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	2.62
Contenido de Humedad (%)	0.97
Porcentaje de Absorción (%)	1.01

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. T.M.T.

##### NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**ANEXO 2**

EXPEDIENTE N° : 19-3939

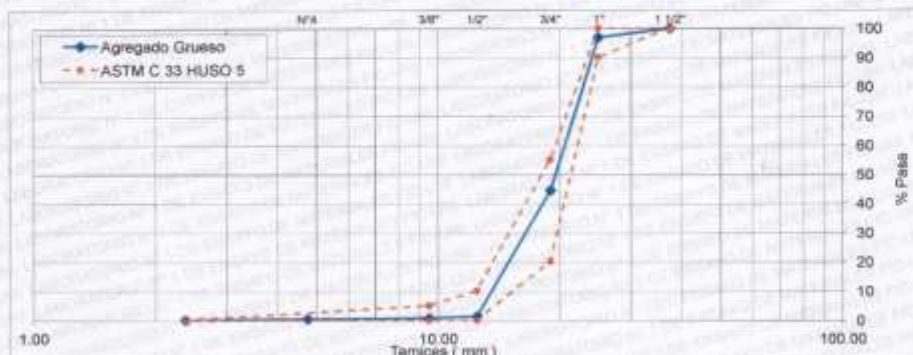
**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :**

Consiste en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera GLORIA.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO 5
(Pulg)	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	3.1	3.1	96.9	90 - 100
3/4"	19.00	52.4	55.4	44.6	20 - 55
1/2"	12.50	43.1	98.6	1.4	0 - 10
3/8"	9.50	0.6	99.2	0.8	0 - 5
N°4	4.75	0.4	99.6	0.4	-
FONDO		0.4	100.0	0.0	

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**



**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Módulo de Fineza	7.52
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1451
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1642
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	2.77
Contenido de Humedad (%)	0.31
Porcentaje de Absorción (%)	0.57

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. T.M.T.

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.







# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág. 5 de 5

### ANEXO 3

EXPEDIENTE N° : 19-3939

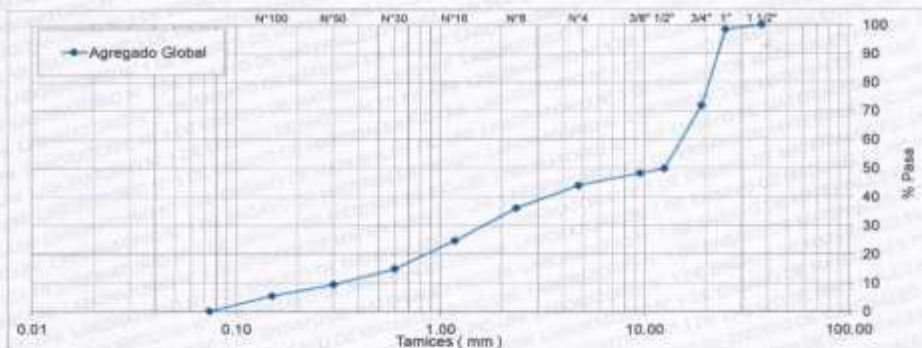
#### 1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Consiste en una combinación de ARENA GRUESA sin cantera especificada y PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera GLORIA.

#### A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	1.6	1.6	98.4
3/4"	19.00	26.7	28.2	71.8
1/2"	12.50	22.0	50.2	49.8
3/8"	9.50	1.7	51.9	48.1
N°4	4.75	4.2	56.1	43.9
N°8	2.36	8.0	64.1	35.9
N°16	1.18	11.4	75.4	24.6
N°30	0.60	9.8	85.3	14.7
N°50	0.30	5.4	90.7	9.3
N°100	0.15	4.0	94.7	5.3
FONDO		5.3	100.0	0.0

#### B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



#### C) PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño Nominal Máximo	3/4"
Módulo de Fineza	5.46
% Agregado Grueso	50.91
% Agregado Fino	49.09

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. T.M.T.

#### NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág 1 de 0

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CESPEDES YALICO OSCAR MANUEL  
 Asunto : Verificación de diseño de mezcla, Peso Unitario del Concreto Fresco, Ensayo de Resistencia a la Compresión y Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.  
 Expediente N° : 19-4235  
 Recibo N° : 68212  
 Fecha de emisión : 19/11/2019

1. DE LA MUESTRA : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales, la dosificación a utilizar en la mezcla es la desarrollada en la solicitud 19-3939.

	Dosificación en obra:
CEMENTO - SOL TIPO I	345 kg
AGUA de la RED UNI	206 kg
ARENA GRUESA	884 kg
PIEDRA CHANCADA	963 kg
ADITIVO - SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE PLASTIMENT® HE-98	3104.5 g

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Normas de referencia NTP 339.034:2015, NTP 339.084:2017, NTP 339.046:2018  
 Procedimiento interno AT-PR-12

### 3. RESULTADOS

#### Ensayo de Resistencia a la Compresión

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de Variación	Rango
PATRÓN 1	28	10.04	79.17	24446	309	310	1.7%	3.3%
PATRÓN 2	28	10.11	80.28	25362	316			
PATRÓN 3	28	10.26	82.60	25259	306			

#### Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN 1	28	10.18	20.01	12876	40
PATRÓN 2	28	10.07	20.15	13827	43
PATRÓN 3	28	10.08	20.12	13424	42

#### Peso Unitario del Concreto Fresco

Volumen del Recipiente (pie <sup>3</sup> )	Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )
1/3	2393

4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. L.O.R.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

#### NOTAS:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Pág. 2 de 5

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CESPEDES YALICO OSCAR MANUEL  
 Asunto : Verificación de diseño de mezcla, Peso Unitario del Concreto Fresco, Ensayo de Resistencia a la Compresión y Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.  
 Expediente N° : 19-4235  
 Recibo N° : 68212  
 Fecha de emisión : 19/11/2019

1. DE LA MUESTRA : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales, la dosificación a utilizar en la mezcla es la desarrollada en la solicitud 19-3939.

	Dosificación en obra
CEMENTO - SOL TIPO I	345 kg
AGUA de la RED UNI	206 kg
ARENA GRUESA	884 kg
PIEDRA CHANCADA	963 kg
ADITIVO - SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE PLASTIMENT® HE-98	3104.6 g
ADICIÓN - FIBRAS ONDULADAS	10 kg

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Normas de referencia NTP 339.034.2015, NTP 339.084.2017, NTP 339.046.2018  
 Procedimiento interno AT-PR-12

### 3. RESULTADOS

Ensayo de Resistencia a la Compresión

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de Variación	Rango
0001 - 10 Kg	28	10.10	80.04	25221	315	307	2.5%	4.8%
0002 - 10 Kg	28	10.31	83.40	25044	300			
0003 - 10 Kg	28	10.02	78.85	24016	305			

Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

Peso Unitario del Concreto Fresco

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Volumen del Recipiente (pie <sup>3</sup> )	Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )
0001 - 10 Kg	28	10.05	20.11	13348	42	1/3	2407
0002 - 10 Kg	28	10.18	20.04	12012	37		
0003 - 10 Kg	28	10.11	20.10	12034	38		

4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. L.O.R.



MSc. Ing. Isabel Monomi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

#### NOTAS

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág. 3 de 5

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CESPEDES YALICO OSCAR MANUEL  
 Asunto : Verificación de diseño de mezcla, Peso Unitario del Concreto Fresco, Ensayo de Resistencia a la Compresión y Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.  
 Expediente N° : 19-4235  
 Recibo N° : 68212  
 Fecha de emisión : 19/11/2019

1. DE LA MUESTRA : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales, la dosificación a utilizar en la mezcla es la desarrollada en la solicitud 19-3939.

Dosificación en obra:	
CEMENTO - SOL TIPO I	345 kg
AGUA de la RED UNI	206 kg
ARENA GRUESA	884 kg
PIEDRA CHANCADA	963 kg
ADITIVO - SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE PLASTIMENT® HE-98	3104.6 g
ADICIÓN - FIBRAS ONDULADAS	15 kg

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Normas de referencia NTP 339.034.2015, NTP 339.084.2017, NTP 339.046.2018  
 Procedimiento Interno AT-PR-12

### 3. RESULTADOS

Ensayo de Resistencia a la Compresión

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de Variación	Rango
0001 - 15 Kg	28	10.01	78.70	23840	303	302	1.9%	3.8%
0002 - 15 Kg	28	10.02	78.78	24225	308			
0003 - 15 Kg	28	10.24	82.35	24384	296			

Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

Peso Unitario del Concreto Fresco

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Volumen del Recipiente (pie <sup>3</sup> )	Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )
0001 - 15 Kg	28	10.05	20.18	13718	43	1/3	2372
0002 - 15 Kg	28	10.18	20.11	13475	42		
0003 - 15 Kg	28	10.11	20.12	14179	44		

4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. L.O.R.



MSc. Ing. Isabel Miroslav Nakata  
 Jefe (a) del laboratorio

#### NOTAS

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, en todo o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

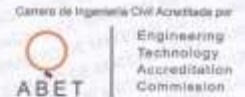




# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág. 4 de 5

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CESPEDES YALICO OSCAR MANUEL  
 Asunto : Verificación de diseño de mezcla, Peso Unitario del Concreto Fresco, Ensayo de Resistencia a la Compresión y Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.  
 Expediente N° : 19-4235  
 Recibo N° : 68212  
 Fecha de emisión : 19/11/2019

1. DE LA MUESTRA : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales, la dosificación a utilizar en la mezcla es la desarrollada en la solicitud 19-3939.

	Dosificación en obra
CEMENTO - SOL TIPO I	345 kg
AGUA de la RED UNI	206 kg
ARENA GRUESA	804 kg
PIEDRA CHANCADA	963 kg
ADITIVO - SIKA, ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE PLASTIMENT® HE-98	3104.6 g
ADICIÓN - FIBRAS ONDULADAS	20 kg

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Normas de referencia NTP 339.034.2015, NTP 339.084.2017, NTP 339.046.2018  
 Procedimiento interno AT-PR-12

### 3. RESULTADOS

#### Ensayo de Resistencia a la Compresión

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de Variación	Rango
0001 - 20 Kg	28	10.25	82.52	27757	336	327	2.4%	4.6%
0002 - 20 Kg	28	10.25	82.44	26761	325			
0003 - 20 Kg	28	10.23	82.11	26378	321			

#### Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
0001 - 20 Kg	28	10.08	20.03	13240	42
0002 - 20 Kg	28	10.04	20.11	13295	42
0003 - 20 Kg	28	10.04	20.06	12619	40

#### Peso Unitario del Concreto Fresco

Volumen del Recipiente (pie <sup>3</sup> )	Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )
1/3	2383

4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. L.O.R.



MSc. Ing. Isabel Moroni Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

#### NOTAS

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CESPEDES YALICO OSCAR MANUEL  
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Flexión con cargas a los tercios del tramo  
 Expediente N° : 19-4235  
 Recibo N° : 68212  
 Fecha de emisión : 19/11/2019

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 4 vigas de concreto.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZOSHO  
 Certificado de Calibración CMC-066-2019
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.078:2017.
4. RESULTADOS : FECHA DE ENSAYO: 19/11/2019

MUESTRAS	EDAD DE LA MUESTRA (días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
PATRON 1	28	45.0	50.2	15.3	15.0	768.1	2940	38.4
FIBRA 10 KG	28	45.0	50.2	15.0	15.3	753.0	3430	44.0
FIBRA 15 KG	28	45.0	50.7	15.5	16.5	785.9	3790	40.4
FIBRA 20 KG	28	45	50.3	15.2	15.4	764.56	3400	42.4

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. A.S.V.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.


**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



**ANEXO 11: Certificado de calibración de Equipos de Laboratorio LEM-UNI**



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-103-2019

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales \* Ing. Manuel Gonzales de la Cotera \*  
FIC - UNI Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.

Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Eléctro-hidráulica

Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf. ó 113 TN)

División de escala : 0.1 kN

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Modelo : 36-0650/08

N° de serie del equipo : 9913 Código UNI : PHEC-4

Lector digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL

N° de serie lector digital : 1887-1-00089

Procedencia : USA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,9°C / 78%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,9°C / 78%




Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, certificado de calibración reporte N° C-8294(ASRET)K0518

→ Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2019-09-30

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2019-10-02	 Vladimir Tello Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84285

Página 1 de 2

CMC-103-2019

Av. Circunvalación s/n Mz. B LL. 1 Urb. Praderas de Huachipa Lurigancho - Chosica Telf.: (01) 540 7661 e-mail: servicios@celda.com.pe

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1º ascenso (kN)	2º ascenso (kN)	3º ascenso (kN)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
9	100,0	100,16	100,29	100,17	100,20	-0,2	0,1
18	200,0	200,58	200,23	200,28	200,40	-0,2	0,1
27	300,0	299,83	299,93	299,85	299,90	0,0	0,1
36	400,0	399,51	399,46	399,47	399,50	0,1	0,1
45	500,0	501,14	501,51	501,30	501,30	-0,3	0,1
54	600,0	600,63	600,57	600,61	600,60	-0,1	0,1
63	700,0	700,83	701,50	700,94	701,10	-0,2	0,1
72	800,0	800,38	800,78	800,52	800,60	-0,1	0,1
81	900,0	900,92	901,34	900,97	901,10	-0,1	0,1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CMC-066-2019**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales \* Ing. Manuel Gonzales de la Cotera \*  
FIC - UNI Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.

Tipo de equipo : Máquina Universal N° 2

Capacidad del equipo : 20,000 kgf ; 50,000 kgf; 10,000 kgf ; 5,000 kgf ; 100,000 kgf.

División de escala : 20 kgf; 100 kgf; 10 kgf ; 10 kgf ; 100 kgf.

Marca : TOKYOKOKI SEIZOSHO

N° de serie del equipo : 177 T 128

Código Interno UNI : MUNV-2

Panel digital : Analógico.

Número serie panel digital : N.I.

Procedencia : JAPAN.

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,8°C / 76%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,8°C / 76%

Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, certificado de calibración reporte N° C-8294(ASRET)K0518

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2019-06-17

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2019-06-19	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 61295

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión

Escala : 20000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2 U (%)
(%)	(kgf)	1º ascenso (kgf)	2º ascenso (kgf)	3º ascenso (kgf)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	2000	2054	2092	2102	2083	-4,0	0,3
20	4000	4057	4084	4112	4084	-2,1	0,2
30	6000	6045	6092	6010	6049	-0,8	0,1
40	8000	8045	7992	8006	8014	-0,2	0,1
50	10000	10056	10011	10003	10024	-0,2	0,1
60	12000	12043	11996	11998	12012	-0,1	0,1
70	14000	13945	13991	13998	13978	0,2	0,1
80	16000	15931	15905	15989	15942	0,4	0,1

Dirección de carga : Compresión

Escala : 50000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2 U (%)
(%)	(kgf)	1º ascenso (kgf)	2º ascenso (kgf)	3º ascenso (kgf)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	5000	5057	5101	5041	5066	-1,3	0,2
20	10000	10121	10120	10102	10114	-1,1	0,2
30	15000	15137	15107	15071	15105	-0,7	0,1
40	20000	20138	20157	20160	20152	-0,8	0,1
50	25000	25284	25241	25172	25232	-0,9	0,1
60	30000	30173	30154	30059	30129	-0,4	0,1
70	35000	35211	35183	35102	35165	-0,5	0,1
80	40000	40173	40222	40130	40175	-0,4	0,1



**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión      Escala : 10000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso (kgf)	2° ascenso (kgf)	3° ascenso (kgf)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	1000	1055	1058	1019	1044	-4,2	0,3
20	2000	2017	2006	1964	1996	0,2	0,1
30	3000	3065	3061	2962	3029	-1,0	0,2
40	4000	4024	4014	4043	4027	-0,7	0,1
50	5000	4990	4968	5013	4990	0,2	0,1
60	6000	5973	5964	5961	5966	0,6	0,1
70	7000	7020	6939	7014	6991	0,1	0,1
80	8000	7976	7935	7960	7957	0,5	0,1

0

Dirección de carga : Compresión      Escala : 5000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso (kgf)	2° ascenso (kgf)	3° ascenso (kgf)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	500	527	533	522	527	-5,2	0,3
20	1000	986	980	951	972	2,9	0,2
30	1500	1586	1525	1466	1526	-1,7	0,2
40	2000	1982	1960	1956	1966	1,7	0,2
50	2500	2481	2491	2489	2487	0,5	0,1
60	3000	2966	3020	3007	2998	0,1	0,1
70	3500	3465	3465	3508	3479	0,6	0,1
80	4000	3970	3962	3983	3972	0,7	0,1



**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión

Escala : 100000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	10000	10392	10462	10329	10394	-3,8	0,4
20	20000	20220	20198	20204	20207	-1,0	0,2
30	30000	30133	29952	29925	30003	0,0	0,1
40	40000	39904	39790	39782	39825	0,4	0,1
50	50000	49695	49650	49765	49703	0,6	0,1
60	60000	59356	59320	59414	59364	1,1	0,2
70	70000	69275	69145	69099	69173	1,2	0,2
80	80000	78988	79091	79124	79067	1,2	0,2

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado



**ANEXO 12: Panel fotográfico del proyecto de investigación**



*Descripción: Elaboración de probetas cilíndricas para ensayo de compresión axial y diametral.*



*Descripción: Elaboración de probetas cilíndricas para ensayo de compresión, probetas para diseño preliminar.*



*Descripción: Preparación y pesado de materiales para el mezclado, tanda de 0.030 de volumen.*



*Descripción: Elaboración de probetas de concreto patrón más la incorporación de 10 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero*



*Descripción: Etiqueta en 24 probetas cilíndricas y 4 vigas*



*Descripción: Curado de probetas cilíndricas y vigas, cámara de curado, laboratorio (LEM)(UNI)*



*Descripción: Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas laboratorio (LEM)(UNI).*



*Descripción: Ensayo de resistencia a compresión diametral de probetas cilíndricas laboratorio (LEM)(UNI) ensayo de tracción.*





*Descripción: Probeta cilíndrica después de rotura, ensayo de tracción, laboratorio (LEM)(UNI)*



*Descripción: Probetas cilíndricas después de rotura, ensayo de tracción, laboratorio (LEM)(UNI)*



*Descripción: Ensayo de resistencia a flexión mediante la rotura de viga simplemente apoyada, con carga aplicada a tercios de la viga laboratorio (LEM)(UNI) ensayo de tracción.*



*Descripción: Vigas después de Ensayo de resistencia a flexión mediante la rotura de viga simplemente apoyada, con carga aplicada a tercios de la viga laboratorio (LEM)(UNI) ensayo de tracción.*

## **ANEXO 13: Ficha técnica del cemento sol Tipo 1**



**ANEXO 14: Ficha técnica de aditivo plastificante**



## **ANEXO 15: Ficha técnica de alambre galvanizado**

## **ANEXO 16: Ficha técnica de fibra de acero comercial**