

"Improvement of concrete resistance $f'c= 210$ kg/cm² adding steel chips and fiberglass, Cajamarca 2022"

Ari Josué Alarcón Cueva, Estudiante¹, Oscar Iván Regalado Arévalo, Estudiante², Yvan Huaricallo Vilca, Magister³, Yoner Romero Cueva⁴, Doctor

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00015447@upn.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, N00031683@upn.pe

³Universidad Privada del Norte, Perú, yvan.huaricallo@upn.pe

⁴Universidad Privada del Norte, Perú, yoner.romero@upn.edu.pe

Abstract— The present research work seeks to analyze and verify the resistance of concrete $f'c = 210$ kg/cm² adding additives such as steel shavings and fiberglass, by carrying out tests in the concrete laboratory at the Universidad Privada del Norte - Cajamarca headquarters. The investigation is framed in an experimental way, considering as a hypothesis, to show that the addition of steel shavings and fiberglass to concrete $f'c= 210$ kg/cm² is viable and profitable for construction, since these additives are accessible and economical. In the Peruvian market, all this was verified by comparing the compression tests at 7, 14 and 28 days, to corroborate the resistance of the concrete specimens carried out in the laboratory. Comparing the three types of concrete, the test tube that reached the highest resistance to compression and fracture was the concrete incorporated with fiberglass, obtaining $f'c= 262.46$ kg/cm², being higher than that of the standard concrete and that of the concrete incorporating steel chip, with resistances of $f'c= 234.61$ kg/cm² and $f'c= 257.43$ kg/cm², respectively.

Keywords— Fiberglass, steel wool, concrete, compression.

“Mejoramiento de la resistencia del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando virutas de acero y fibra de vidrio, Cajamarca 2022”

El presente trabajo de investigación busca analizar y verificar la resistencia del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando aditivos como viruta de acero y fibra de vidrio, mediante la realización de ensayos en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte - sede Cajamarca. La investigación se enmarca de manera experimental, considerando como hipótesis, demostrar que la adición de virutas de acero y fibra de vidrio al hormigón $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es viable y rentable para la construcción, ya que estos aditivos son accesibles y económicos. En el mercado peruano, todo esto se comprobó comparando los ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días, para corroborar la resistencia de las probetas de concreto realizadas en laboratorio. Comparando los tres tipos de hormigón, la probeta que alcanzó mayor resistencia a compresión y fractura fue el hormigón incorporado con fibra de vidrio, obteniendo $f'_c = 262,46 \text{ kg/cm}^2$, siendo superior a la del hormigón estándar y a la del hormigón incorporado viruta de acero, con resistencias de $f'_c = 234,61 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c = 257,43 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente.

Keywords— *Fibra de vidrio, lana de acero, hormigón, compresión*

I. INTRODUCCIÓN

Con el pasar de los años, el hombre ha estudiado al concreto y ha buscado explorar muchos tipos de materiales que solidifiquen y aumenten su durabilidad, la resistencia, el costo. [1] El concreto tiene un bajo coeficiente de expansión lineal. Compatibilidad con matrices orgánicas: puede ser de diferentes tamaños y tiene la capacidad de combinarse con una variedad de aditivos y algunas matrices minerales, como el cemento directo [2] en el caso particular del concreto, se obtienen mejores resultados con morteros finos utilizados en diversas estructuras, debido a su facilidad de aplicación y bajo peso. Se han obtenido buenos resultados [3].

Las mezclas de adición de fibras están hechas del mismo material que el concreto normal, con diversos grados de suavidad y rugosidad, agregando fibras de diferentes maneras. En un estudio realizado, observó las diferentes capas de fibras utilizadas. Otro estudio destacado de la mezcla de hormigón con aditivos de fibras es la técnica de mezcla y disposición basada en aditivos de fibras [4].

En nuestro país y actualmente en el departamento de Cajamarca, el uso de concreto en las obras de construcción civil es de vital importancia, ya que en la mezcla se utiliza en un 60% de concreto, por este motivo es que la presente investigación pretende estudiar y verificar un porcentaje, en este caso en 2%, así este concreto compuesto obtendría muchas más propiedades físico-mecánicas ya mencionadas; siendo así una forma más eficiente de usar este recurso en una obra de construcción civil, también verificando el costo y presupuesto que puede alcanzar el concreto en una construcción. [5]. La fibra de vidrio tiene las propiedades de un buen aislamiento, resistencia a los ácidos, resistencia a altas temperaturas, resistencia a la flexión y resistencia a la tensión. Además, sus materias primas y producción no son costosa. [5]

La resistencia de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando viruta de acero y fibra de vidrio juegan un papel muy importante. Por eso tendremos en cuenta algunas bases teóricas que corresponden a las variables: *Agregados*: Los agregados son un ingrediente indispensable en el concreto premezclado, el asfalto y el mortero. Representan aproximadamente de 60% a 75% del volumen total del concreto premezclado [6], *Concreto*: El concreto es una mezcla de materiales como la arena, grava y gravilla (también llamados agregados), y cemento, que sirve como aglutinante [6], *Viruta de acero*: Las virutas están compuestas por resistentes hilos de acero que limpian profundamente las superficies difíciles y delicadas. Las más gruesas son útiles en superficies duras, pues raspan óxido metálico, madera, metal y plástico, además pulen piezas industriales y limpian óptimamente, las virutas más delgadas son ideales en superficies delicadas. [7].

Fibra de vidrio: esta consistido por la lana de vidrio que se comienza a fundir a una temperatura de $1450 \text{ }^\circ\text{C}$ con una mezcla de arena de sílice (SiO_2), carbonato de sodio (Na_2CO_3) y caliza (CaCO_3), aditivos como óxido de magnesio (MgO) y vidrio reciclado el cual es convertido en fibras. La cohesión y resistencia mecánica del producto se obtiene rociando a los millones de filamentos con una solución aglutinante que adhiere a las fibras entre sí. [8], *Contenido de aire*: Es el volumen de vacíos o vacíos de aire u otros gases en una pasta de cemento, mortero u hormigón, excluyendo los vacíos impermeables contenidos en partículas acumuladas, generalmente expresado como porcentaje del volumen total de una piscina, mortero u hormigón. [9].

Curado: El curado, según el ACI 308 R, es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de

agua y de calor. [10], *Dosificación*: La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos. Generalmente expresado en gramos por metro (g/m) [11].

Probeta: Muestra de material endurecido, por regla general hormigón o roca, de dimensiones determinadas y conservada en condiciones preestablecidas, para posteriormente ser sometida a ensayos. [12] y *Resistencia a la compresión*: La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). [13].

Teniendo como base todo lo planteado anteriormente y reconociendo la problemática a la que nos enfrentamos, se precisará la siguiente pregunta de investigación: ¿Será viable para la construcción la adición de viruta de acero y fibra de vidrio al concreto $f'c = 210$ kg/cm². Por lo que el objetivo de esta investigación es, determinar la influencia de la adición de viruta de acero y fibra de vidrio al concreto $f'c = 210$ kg/cm² y verificar si la resistencia aumenta o disminuye. Teniendo como objetivos específicos, Diseñar mezclas mediante el método ACI, para un concreto $f'c = 210$ kg/cm², un concreto adicionando viruta de acero y un concreto adicionando fibra de vidrio en porcentaje de 2%; Elaborar probetas por el método ACI para un concreto $f'c = 210$ kg/cm², un concreto adicionando viruta de acero y un concreto adicionando fibra de vidrio en porcentaje de 2%; a la edad de 7, 14 y 28 días; Determinar la resistencia del concreto $f'c = 210$ kg/cm² adicionando viruta de acero y fibra de vidrio en 2%; Comparar la resistencia entre el concreto $f'c = 210$ kg/cm² adicionando viruta de acero, fibra de vidrio y un concreto convencional; Analizar las tres mezclas de concreto y determinar cuál es la mejor opción entre costo y beneficio que aportan estos aditivos.

Basándonos en los diferentes estudios que se realizarán en laboratorio, y verificando si sería un aporte a la construcción en calidad y economía.

Planteando como hipótesis, podemos evidenciar que la adición de viruta de acero y fibra de vidrio al concreto $f'c = 210$ kg/cm² es viable y rentable para la construcción, ya que estos aditivos son accesibles y económicos en el mercado del Perú, todo esto fue verificado mediante la comparación de los ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días, para corroborar la resistencia de las probetas de concreto realizadas en laboratorio.

La justificación del presente estudio es que en el Perú observamos construcciones deficientes, que presentan problemas estructurales, económicos, calidad. Todo esto debido a la mala dosificación, baja resistencia, falta de ensayos de calidad, entre otros. Por esa razón, nuestro estudio busca encontrar el mejoramiento del concreto mediante la adición de viruta de acero y fibra de vidrio al concreto de $f'c = 210$ kg/cm².

II. METODOLOGÍA

El enfoque que se presenta es cuantitativo ya que se va a realizar una recolección de datos, que vendrían a dar un resultado para validar y después afirmar o denegar la hipótesis propuesta en el estudio, se refiere y revela objetivos con base en sus comentarios, seleccione los parámetros y las formas en que puede hacer cambios explicar las diferencias entre los procedimientos estadísticos. Para visualizar, probar y/o aplicar diferentes diseños, incluso de corte horizontales o verticales. [14], El actual estudio tiene como fin, obtener resultados mediante pruebas de laboratorio con los cuales definiremos si la resistencia del concreto aumenta o disminuye. [6].

Referente a las muestras, la población del estudio es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación [15]. En la presente investigación se consideró una población infinita, ya que se utilizan los requerimientos especificados en las normas ASTM, según la normal NTP 339.036 se debe contar con lo mínimo que es (6 probetas), teniendo en cuenta la muestra que es el procedimiento para obtener la cantidad de los componentes de la muestra como fórmulas, lógica y otros que se verá más adelante. La muestra es una parte representativa de la población. [15], se realizaron 18 probetas en forma cilíndricas añadiéndole viruta de acero, fibra vidrio y 9 probetas de concreto, para conocer sus propiedades mecánicas, para cada tiempo de curado (7,14,28 días).

TABLA I
RESISTENCIA A LA COMPRESION

N.º DE PROBETAS		F'c a los 7 días	F'c a los 14 días	F'c a los 28 días
P1	F'c = 210kg/cm ²	3	3	3
P2	F'c = 210kg/cm ² con 2% de viruta de acero	3	3	3
P3	F'c = 210kg/cm ² con 2% de fibra de vidrio	3	3	3
TOTAL		27		

El tipo de muestra sería una muestra no probabilística [16] porque todos los individuos o muestras se establecen según requieran los resultados, es decir la muestra se determina en base a las pruebas que se realizaron en laboratorio, para estos datos posteriormente ser interpretados en lo que conlleva a resistencia de concreto.

Respecto a la recolección de datos usada, fue la observación directa donde se deberá evaluar el comportamiento alcanzado del concreto ante los diversos ensayos de compresión. La técnica de observación directa, [16] utilizada para ver cómo se comportó el concreto al

momento de colocar en la maquina compresora, y verificando la variación de acuerdo a los días de cada resistencia (7,14 y 28 días) respectivamente, teniendo en cuenta como referencia investigaciones pasadas.

Para la recolección de datos se siguió las especificaciones técnicas para la evaluación de los ensayos para hallar las características físico-mecánico. Para esto, en primer lugar, se indagó, el agregado que cumpla con las especificaciones técnicas, por otro lado, respecto a los aditivos utilizados para la viruta de acero, se consideró una viruta comercial que se utiliza para limpieza de superficies, de tipo ultra fina, de número N°1 de diámetro de 0.025 mm. Para la viruta de acero se tuvo que cortar en partes de 5 cm de longitud. También se utilizó la fibra de vidrio de tipo E, este tipo de fibra es resistente a los ácidos, se utiliza en la fabricación de algunas piezas de vehículos, en la construcción de objetos deportivos, y como algunos aislantes para el sector de la construcción, las fibras de vidrio tienen un diámetro de 0.023 mm y una longitud de 5 cm. En segundo lugar se utilizó el cemento Pacasmayo tipo I según la norma NTP 334.090.

Evaluando los materiales anteriormente que cumplan con las normas establecidas se realizaron los siguientes ensayos para hallar las características físico-mecánicas:

- Contenido de humedad para agregado fino y agregado grueso (MTC 108/ASTM D2216 / NTP 339.127).
- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (N.T.P. 400.012:2001/ MTC E204 – ASTM C 134-96).
- Cantidad de material fino que pasa por el tamiz n° 200 (MTC E202 – ASTM C117 –NTP 400.018).
- Peso unitario y vacío de los agregados (MTC E203 –ASTM C29 – NTP 400.017).
- Abrasión de los ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½ ") (MTC E207 –ASTM C131- NTP 400.019).
- Gravedad específica y absorción de agregados finos (MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022).
- Peso específico y absorción de agregados gruesos (MTC E206 – ASTM C127 – NTP 400.021).

Posteriormente realizados los ensayos, se realizó el diseño de mezcla según el método ACI 211 para una resistencia de 210 kg/ cm²; luego se realizó la mezcla en trompo y se fue introduciendo las fibras de manera holgada en pequeñas proporciones para realizar una mezcla uniforme, evitando aglomeraciones. Para comprobar que se realizó un correcto

mezclar de material, se realizó mediante el ensayo de asentamiento ASTM C 143, cumpliendo con las normativas de concreto (SLUMP) MTC E705 / ASTM C143 / NTP 339.035.

Después de realizada la mezcla, se ejecutó la resistencia a la compresión. Se recreó las 27 probetas de 12 a 15 cm aproximadamente de Diámetro y 30 cm en altura. Según la norma técnica NTP 330.034 para el ensayo a resistencia de compresión.

En total se elaborarán 27 probetas, de las cuales 9 serán probetas patrón, 9 probetas incorporando fibra de vidrio y 9 probetas incorporando viruta de acero; todo esto según la norma ASTM a los 7,14 y 28 días respectivamente.

El instrumento utilizado para la recolección de datos vendría a ser los protocolos a utilizar que serán brindados por la Universidad Privada del Norte que vendrían a ser: protocolo de medición de resistencia a la compresión, protocolo de medición de la resistencia a la fractura, protocolo de medición de dosificación y granulometría del agregado que se utilizara para el concreto.

Para la verificación de estos protocolos se tendrá que verificar por el Ingeniero responsable del laboratorio de la Universidad Privada del Norte, teniendo en cuenta la validez, se puede observar los rangos de medida en compresión que se deben tener en cuenta.

Para el método de análisis de datos se realizarán estadísticas descriptivas ya que se presentarán gráficos y tablas de los estudios que se han realizado en los ensayos de compresión. Se analizará mediante el método cuantitativo (los ensayos) y cualitativo (comprobando el uso de la variable y la hipótesis propuesta).

Se han publicado aspectos éticos, se han elaborado investigaciones sobre la base de fuentes altamente fiables y se han retenido las citas de determinados autores. Asimismo, no debe confundirse la información utilizada, con el fin último de proporcionar datos reales.

III. RESULTADOS

En este presente capítulo se muestran los principales resultados de las muestras obtenidas en el laboratorio de tecnología del concreto en la Universidad Privada del Norte, para probetas patrón, probetas con 2 % de viruta de acero y probetas con 2 % de fibra de vidrio, respecto a los 7, 14 y 28.

TABLA III
RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DEL
CONCRETO PATRÓN A LA EDAD DE 7 DÍAS.

7 Días (PATRON)			
Probeta	1	2	3
Esfuerzo Kg/cm ²	177.05	180.37	173.44
f _c máximo (Kg/cm ²)	180.37		
f _c mínimo (Kg/cm ²)	173.44		
Promedio (Kg/cm ²)	176.95		

Según la tabla III, al realizar los ensayos a compresión axial a la edad de 7 días de las probetas patrón se obtuvo los resultados de las tres muestras: 177.05 Kg/cm², 180.37 Kg/cm² y 173.44 Kg/cm²; obteniendo un promedio de 176.95 Kg/cm².

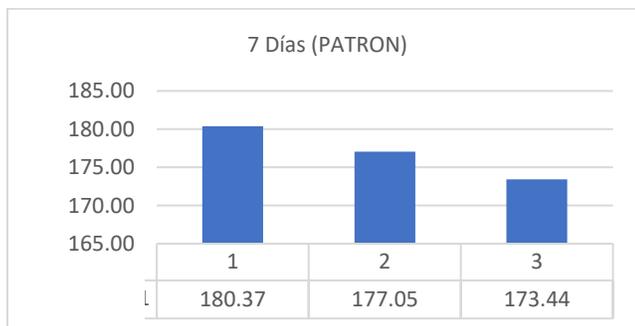


Fig. 1 Resistencia a la compresión axial del concreto patrón a la edad de 7 días.

Respecto a la Fig. 1, Se observó que, a los 7 días, las probetas patrón llegaron a una resistencia máxima de 180.37 Kg/cm² y una resistencia mínima de 173.44 Kg/cm².

TABLA IV
RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DEL
CONCRETO AÑADIENDO 2% DE VIRUTA DE ACERO A LA EDAD DE
7 DÍAS.

7 Días (2% VIRUTA DE ACERO)			
Probeta	1	2	3
Esfuerzo Kg/cm ²	166.60	157.49	174.92
f _c máximo (Kg/cm ²)	180.37		
f _c mínimo (Kg/cm ²)	173.44		
Promedio (Kg/cm ²)	166.34		

Según la tabla IV, al realizar los ensayos a compresión axial a la edad de 7 días de las probetas añadiendo 2 % de viruta de acero, se obtuvo los resultados de las tres muestras: 166.60 Kg/cm², 157.49 Kg/cm² y 174.92 Kg/cm²; obteniendo un promedio de 166.34 Kg/cm².

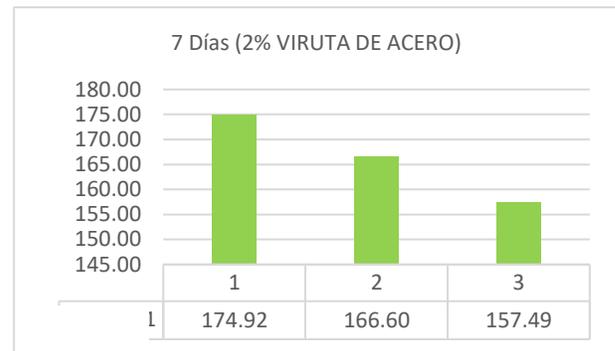


Fig. 2 Resistencia a la compresión axial del concreto 2% de viruta de acero a la edad de 7 días.

Respecto a la Fig. 2. Se observó que, a los 7 días, las probetas añadiendo 2 % de viruta de acero, llegaron a una resistencia máxima de 174.92 Kg/cm² y una resistencia mínima de 157.49 Kg/cm².

TABLA V
RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DEL
CONCRETO AÑADIENDO 2% DE FIBRA DE VIDRIO A LA EDAD DE 7
DÍAS.

7 Días (2% FIBRA DE VIDRIO)			
Probeta	1	2	3
Esfuerzo Kg/cm ²	160.55	170.16	149.71
f _c máximo (Kg/cm ²)	180.37		
f _c mínimo (Kg/cm ²)	173.44		
Promedio (Kg/cm ²)	160.14		

Según la tabla V, al realizar los ensayos a compresión axial a la edad de 7 días de las probetas añadiendo 2 % de fibra de vidrio se obtuvo los resultados de las tres muestras: 160.55 Kg/cm², 170.16 Kg/cm² y 149.71 Kg/cm²; obteniendo un promedio de 160.14 Kg/cm².

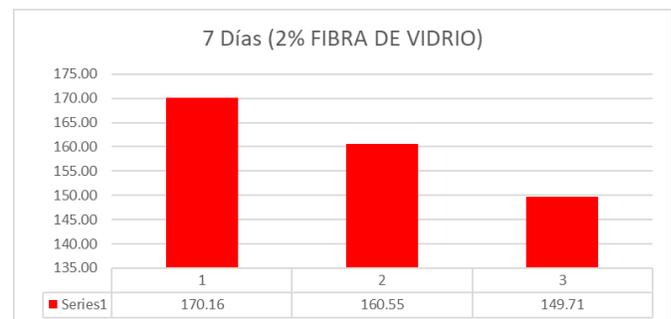


Fig.3 Resistencia a la compresión axial del concreto 2% de fibra de vidrio a la edad de 7 días.

Respecto a la Fig.3 Se observó que, a los 7 días, las probetas añadiendo 2 % de fibra de vidrio, llegaron a una resistencia máxima de 170.16 Kg/cm² y una resistencia mínima de 149.71 Kg/cm².

TABLA VI
RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A
COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO, AÑADIENDO 2% DE VIRUTA

TABLA IX
RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO AÑADIENDO 2% DE FIBRA DE VIDRIO A LA EDAD DE 14 DÍAS.

14 Días (2% FIBRA DE VIDRIO)			
Probeta	1	2	3
Esfuerzo Kg/cm ²	184.69	190.52	187.66
f _c máximo (Kg/cm ²)	190.52		
f _c mínimo (Kg/cm ²)	184.69		
Promedio (Kg/cm ²)	187.62		

Según la tabla IX, al realizar los ensayos a compresión axial a la edad de 14 días de las probetas añadiendo 2 % de fibra de vidrio se obtuvo los resultados de las tres muestras: 184.69Kg/cm², 190.52 Kg/cm² y 187.66 Kg/cm²; obteniendo un promedio de 187.62 Kg/cm².



Fig.7 Resistencia a la compresión axial del concreto 2% de fibra de vidrio a la edad de 14 días.

Respecto a la Fig.7 Se observó que, a los 14 días, las probetas añadiendo 2 % de fibra de vidrio, llegaron a una resistencia máxima de 186.83 Kg/cm² y una resistencia mínima de 180.42 Kg/cm².

TABLA X
RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO, AÑADIENDO 2% DE VIRUTA DE ACERO Y AÑADIENDO 2% DE FIBRA DE VIDRIO A LA EDAD DE 14 DÍAS.

ENSAYO A LA COMPRESIÓN		
Muestra	Esfuerzo Kg/cm ²	%f _c
PATRON	192.1	91.48%
	199.34	94.92%
	197.44	94.02%
FIBRA DE VIDRIO	184.69	87.95%
	190.52	90.72%
	187.66	89.36%
VIRUTA DE ACERO	185.47	88.32%
	186.83	88.97%
	180.42	85.91%

Según la tabla X, se obtuvo las resistencias y porcentajes del avance al curado a los 14 días de las probetas patrón, probetas con viruta de acero y probetas con fibra de vidrio con respecto a la resistencia calculada de 210.00 Kg/cm² y aun no logrando el 100%.



Fig.8 Resistencia ensayos a la compresión axial del concreto, añadiendo 2% de viruta de acero y añadiendo 2% de fibra de vidrio a la edad de 14 días.

La Fig.8 muestra la resistencia a la compresión axial del concreto a los 14 días, en general, el concreto curado patrón obtuvo una mayor resistencia en comparación al concreto con viruta de acero y fibra de vidrio.

TABLA XI
RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO PATRÓN A LA EDAD DE 28 DÍAS.

28 Días (PATRON)			
Probeta	1	2	3
Esfuerzo Kg/cm ²	234.61	226.43	230.51
f _c máximo (Kg/cm ²)	234.61		
f _c mínimo (Kg/cm ²)	226.43		
Promedio (Kg/cm ²)	230.52		

Según la tabla XI, al realizar los ensayos a compresión axial a la edad de 28 días de las probetas patrón, se obtuvo los resultados de las tres muestras: 234.61 Kg/cm², 226.43 Kg/cm² y 230.51 Kg/cm²; obteniendo un promedio de 230.52 Kg/cm².

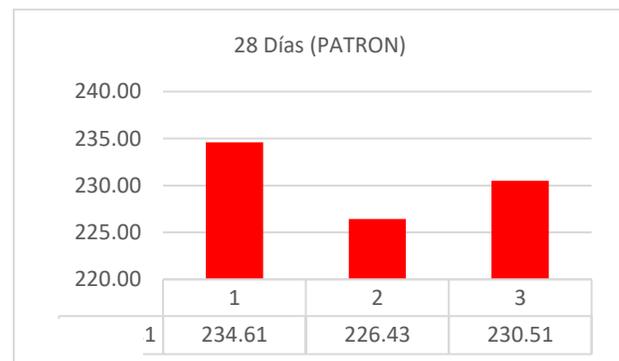


Fig.9 Resistencia a la compresión axial del concreto patrón a la edad de 28 días.

Respecto a la Fig.9 Se observó que, a los 28 días, las probetas patrón llegaron a una resistencia máxima de 234.61 Kg/cm² y una resistencia mínima de 226.43 Kg/cm².

f'c máximo (Kg/cm ²)	262.46		
f'c mínimo (Kg/cm ²)	250.76		
Promedio (Kg/cm ²)	257.24		

TABLA XII
RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO AÑADIENDO 2% DE VIRUTA DE ACERO A LA EDAD DE 28 DÍAS.

28 Días (2% VIRUTA DE ACERO)			
Probeta	1	2	3
Esfuerzo Kg/cm ²	255.49	248.36	257.43
f'c máximo (Kg/cm ²)	257.43		
f'c mínimo (Kg/cm ²)	248.36		
Promedio (Kg/cm ²)	253.76		

Según la tabla XII, al realizar los ensayos a compresión axial a la edad de 28 días de las probetas añadiendo 2 % de viruta de acero, se obtuvo los resultados de las tres muestras: 255.49 Kg/cm², 248.36 Kg/cm² y 257.43 Kg/cm²; obteniendo un promedio de 253.76 Kg/cm².

Según la tabla XIII, al realizar los ensayos a compresión axial a la edad de 28 días de las probetas añadiendo 2 % de fibra de vidrio se obtuvo los resultados de las tres muestras: 250.76 Kg/cm², 258.49 Kg/cm² y 262.46 Kg/cm²; obteniendo un promedio de 257.24 Kg/cm².

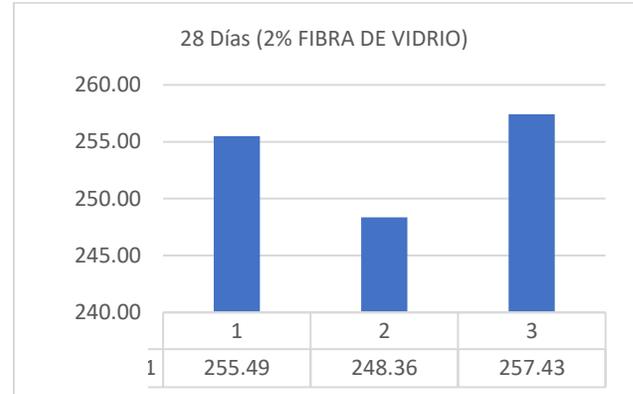


Fig.11 Resistencia a la compresión axial del concreto 2% de fibra de vidrio a la edad de 28 días.

Respecto a la Fig.11 Se observó que, a los 28 días, las probetas añadiendo 2 % de fibra de vidrio, llegaron a una resistencia máxima de 257.43 Kg/cm² y una resistencia mínima de 248.36 Kg/cm².

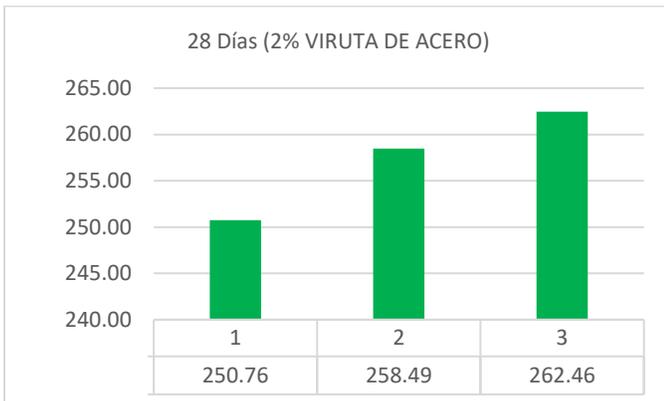


Fig.10 Resistencia a la compresión axial del concreto 2% de viruta de acero a la edad de 28 días.

Respecto a la Fig.10 Se observó que, a los 28 días, las probetas añadiendo 2 % de viruta de acero, llegaron a una resistencia máxima de 262.46 Kg/cm² y una resistencia mínima de 250.76 Kg/cm².

TABLA XIV
RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO, AÑADIENDO 2% DE VIRUTA DE ACERO Y AÑADIENDO 2% DE FIBRA DE VIDRIO A LA EDAD DE 28 DÍAS.

ENSAYO A LA COMPRESIÓN		
Muestra	Esfuerzo Kg/cm ²	%f'c
PATRON	234.61	111.72%
	226.43	107.82%
	230.51	109.77%
FIBRA DE VIDRIO	250.76	119.41%
	258.49	123.09%
	262.46	124.98%
VIRUTA DE ACERO	255.49	121.66%
	248.36	118.27%
	257.43	122.59%

Según la tabla XIV, se obtuvo las resistencias y porcentajes del avance al curado a los 28 días de las probetas patrón, probetas

con viruta de acero y probetas con fibra de vidrio con respecto a la resistencia a compresión calculada de 210.00 Kg/cm².

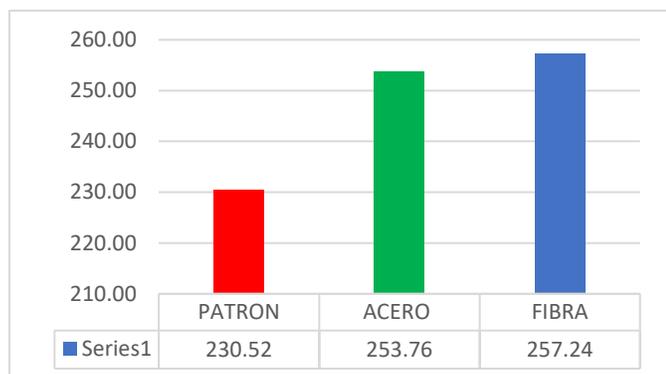


Fig.12 Resistencia ensayos a la compresión axial del concreto, añadiendo 2% de viruta de acero y añadiendo 2% de fibra de vidrio a la edad de 28 días.

La Fig.12 muestra la resistencia a la compresión axial del concreto a los 28 días, en general, la fibra de vidrio obtuvo una mayor resistencia en comparación al concreto con viruta de acero y concreto patrón.

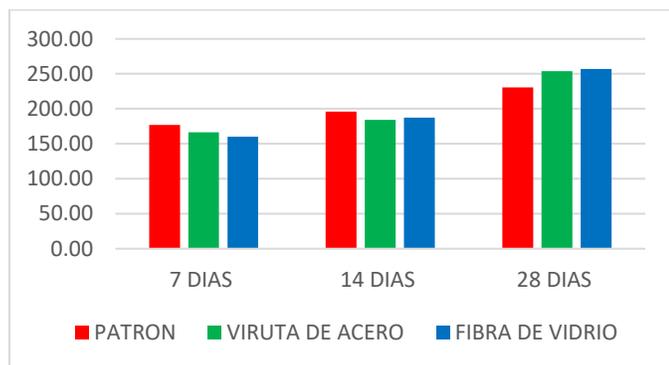


Fig.13 Resistencia ensayos a la compresión axial del concreto, añadiendo 2% de viruta de acero y añadiendo 2% de fibra de vidrio a la edad de 7,14 y 28 días.

Respecto a la Fig.13 A los 7 días de curado la probeta patrón fue la que obtuvo mayor resistencia, a los 14 días de curado la probeta patrón continuó obteniendo una mayor resistencia a la compresión, la resistencia del hormigón aumenta a medida que avanza el periodo del curado; finalmente a los 28 días de curado la probeta con 2% fibra de vidrio fue la que obtuvo una mayor resistencia, está seguida por la probeta con 2% viruta de acero; todas las mezclas cumplen con los requisitos de resistencia del concreto.

Por otro lado, respecto a los costos de los aditivos utilizados, se calculó el monto para la cantidad de probetas elaboradas.

TABLA XV
COSTO DE LA FIBRA DE VIDRIO Y VIRUTA DE ACERO

MATERIAL	PESO	COSTO
VIRUTA DE ACERO	1 KG	S/ 70.00
FIBRA DE VIDRIO	1 KG	S/ 20.00

En la tabla XV, se muestra el costo de los aditivos en kilogramos que se pueden obtener fácilmente en ferreterías y matizados.

TABLA XVI
COSTO DE LA CANTIDAD DE ADITIVO UTILIZADO

6 PROBETAS			
MATERIAL	PESO	COSTO	RESISTENCIA
VIRUTA DE ACERO	245.47 gr	S/ 17.18	253.76
FIBRA DE VIDRIO	245.47 gr	S/ 4.91	257.24

Con respecto a la Tabla XVI, muestra la cantidad de material que se utilizó para un total de 6 probetas, el costo del material y la resistencia alcanzada.

La adición al concreto de aditivos (viruta de acero y fibra de vidrio) hace que este aumente en su resistencia axial, como resultado en comparación, estos aditivos favorecen a las propiedades mecánicas del concreto en su adición al 2%.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Objetivo 1: Determinar la influencia de la adición de viruta de acero y fibra de vidrio al concreto $f'c= 210$ kg/cm² y verificar si la resistencia aumenta o disminuye.

Antecedente: [17] Agregó a su estudio el 2% de fibra de vidrio al concreto, a la edad de 28 días de curado en las probetas patrón y fibra de vidrio, llegó a las resistencias promedio de 224.90 kg/cm², 246.36 kg/cm² respectivamente. Asimismo, nos indica agregando viruta de acero en 2% a los 28 días obtuvo una resistencia de 242.42 Kg/cm². [18].

Resultados: En nuestra investigación al realizar los ensayos a compresión de las probetas patrón, con viruta de acero y fibra de vidrio en 2% a los 28 días de curado se obtuvo las resistencias de 234.61 kg/cm², 257.43 kg/cm², 262.46 kg/cm² respectivamente.

Comparación: En comparación a nuestros antecedentes, a los 28 días de curación las probetas con viruta de acero y fibra de vidrio son las que mayor resistencia alcanzaron, por otro lado, por debajo se encuentran las probetas que tienen incrementado viruta de acero y probetas patrón, lo cual da un resultado positivo en la resistencia a los 28 días.

Objetivo 2: Diseñar mezclas mediante el método ACI, para un concreto $f'c= 210$ kg/cm², un concreto adicionando viruta de acero y un concreto adicionando fibra de vidrio en porcentaje de 2%.

Antecedente: [3] Para su diseño de mezcla mediante el método ACI y según los datos de sus agregados, calculó para un total de 6 probetas, 5.886 litros de agua, 9.534 kg de cemento, 27.642 kg de agregado grueso, 30.06 kg de agregado fino y 0.191 kg de aditivo, sin considerar desperdicio.

Resultados: En nuestros cálculos de diseño de mezcla mediante el método ACI y según los datos obtenidos al realizar nuestros ensayos de granulometría, se obtuvo que para 6 probetas con un desperdicio del 5%, corresponden 6.29 litros de agua, 12.89 kg de cemento, 32.23 kg de agregado grueso, 28.75 kg de agregado fino y 257.74 gr de aditivo.

Comparación: En comparación se obtuvo un diseño de mezcla más eficiente al considerar desperdicio; la diferencia de pesos y cantidades también varía al agregado, la cantera, clima, entre otros factores.

Objetivo 3: Elaborar probetas por el método ACI para un concreto $f'c=210$ kg/cm², un concreto adicionando viruta de acero y un concreto adicionando fibra de vidrio en porcentaje de 2%; a la edad de 7, 14 y 28 días.

Antecedente: [13]Elaboró 6 probetas patrón a los 7 días, 6 probetas patrón a los 14 días, 6 probetas patrón a los 28 días, 6 probetas con 2% de fibra de vidrio a los 7 días, 6 probetas con 2% de fibra de vidrio a los 14 días, 6 probetas con 2% de fibra de vidrio a los 28 días.

Resultados: Elaboramos 3 probetas patrón a los 7 días, 3 probetas patrón a los 14 días, 3 probetas patrón a los 28 días, 3 probetas con 2% de fibra de vidrio a los 7 días, 3 probetas con 2% de fibra de vidrio a los 14 días, 3 probetas con 2% de fibra de vidrio a los 28 días, 3 probetas con 2% de viruta de acero a los 7 días, 3 probetas con 2% de viruta de acero a los 14 días, 3 probetas con 2% de viruta de acero a los 28 días.

Comparación: Al elaborarse una mayor cantidad de probetas, se obtiene una mayor variedad de datos, y resultados más certeros, la resistencia del hormigón aumenta a medida que avanza el periodo del curado, asimismo se pudo verificar que tanto la viruta de acero como la fibra de vidrio alcanzaron una mayor resistencia a los 28 días de curado, de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede deducir que estos aditivos aumentan la resistencia axial de una probeta, investigaciones previas también confirmaron esta influencia positiva respecto a los aditivos.

Objetivo 4: Comparar la resistencia entre el concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando viruta de acero, fibra de vidrio y un concreto convencional.

Antecedente: [19] Obtuvo para un concreto convencional a los 28 días de curado una resistencia de 224.90 kg/cm² y para un concreto con 2% de fibra de vidrio una resistencia de 246.36 kg/cm². Para un concreto con 2% de viruta de acero obtuvo una resistencia de 242.42 Kg/cm².

Resultados: Obtuvimos una resistencia para un concreto convencional, un concreto con 2% de viruta de acero y un concreto con 2% de fibra de vidrio las resistencias de: 234.61 kg/cm², 257.43 kg/cm², 262.46 kg/cm² respectivamente.

Comparación: En comparación a los antecedentes, se muestra gran similitud, notándose que, a los 28 días de curado, el concreto con viruta de acero y fibra de vidrio lograron resistencias similares y favorables; esto debido a que las fibras de los aditivos unen las grietas en la zona axial y prolongan el escenario de agrietamiento, proporcionando más seguridad ante cualquier falla y presentó fisuras mas no fragmentos.

Objetivo 5: Analizar las tres mezclas de concreto y determinar cuál es la mejor opción entre costo y beneficio que aportan estos aditivos.

Antecedente: Según, [20], en su investigación nos indica que la fibra de vidrio es muy accesible económicamente en el mercado y se la puede obtener en cualquier matizado. Mientras que, [18], señala que la viruta de acero es más costosa y se la puede obtener en las ferreterías.

Resultados: La obtención de la fibra de vidrio fue económica como se puede observar en la Tabla XV, pudimos encontrar con mucha facilidad, mientras que la viruta de acero fue un poco más costosa y más difícil de hallar, ya que no es un material muy utilizado.

Comparación: Se halló mucha similitud a los autores. Dados los resultados obtenidos al cabo de los 28 días, la fibra de vidrio es más económica y brinda una mejor trabajabilidad que la viruta de acero.

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se determinó que la adición de viruta de acero y fibra de vidrio al concreto $f'c=210$ kg/cm² aumenta su resistencia, siendo la fibra de vidrio la más económica en comparación a la viruta de acero.
- Al comparar la resistencia de las probetas patrón, probetas con 2% viruta de acero y 2% fibra de vidrio; se obtuvo que las probetas con viruta de acero y fibra de vidrio fueron las que alcanzaron una mayor resistencia obteniendo resultados similares, pero las probetas con fibra de vidrio mostraron un daño menor al momento de realizar los ensayos de compresión.
- Se analizó las tres mezclas entre costo beneficio, siendo la más óptima y favorable el concreto $f'c=210$ kg/cm² con 2% de fibra de vidrio, obteniendo una resistencia favorable, siendo la que proporciona mayor trabajabilidad, menor costo y similar resistencia en comparación a la viruta de acero.

REFERENCES

- [1] S. A. Cordoba, "Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas de mezclas de concreto," *Universidad EAFIT*, p. 65, 2013.
- [2] C. Botonero and C. Rojas, "SISTEMAS COMPUESTOS DE POLÍMEROS REFORZADOS CON FIBRA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO," *UNIVERSIDAD RICARDO PALMA*, 2020.
- [3] W. Carhuapoma, "EFECTO DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA CONCRETOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE 210 KG/CM² Y 280 KG/CM², ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE COCHAMARCA - PASCO," *UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN*, 2018.
- [4] P. Vildósola, P. Aguirre, A. Pino, P. Cisternas, E. Diaz, O. De Oliveria, J. Cury and M. Bader, "Comparación de la fuerza adhesiva de 2 sistemas de cementos de resina en diferentes regiones radiculares en la cementación de postes de fibra," *Revista Clínica de periodoncia, Implantología y Rehabilitación*, p. 40, 2015.
- [5] D. Lescano, J. Valcárcel, R. Balart, L. Carrillo and T. Boronat, "Fabricación de materiales compuestos de alto rendimiento medioambiental con resina epoxi de origen renovable y núcleos ligeros permeables para infusión asistida por vacío," *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología*, p. 5, 2020.
- [6] D. Strauss, F. Adrade and R. Sias, "Flexural behavior of hybrid steel fiber reinforced self-consolidating concretes," *Rem: Revista Escola de Minas*, 2014.
- [7] GE&MOR, "GE&MOR," 2022. [Online]. Available: <https://geymor.com.pe/producto/viruta/>.
- [8] F. I. Aquino Martínez and J. A. Celis Puicón, "DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESFIBRADORA DE FIBRA DE VIDRIO CON CAPACIDAD DE 180 KG/H PARA EL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ-CHICLAYO," *UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN*, p. 94, 2019.
- [9] NTP339.047, "NORMA TECNICA PERUANA," *INDECOPI*, p. 17, 2006.
- [10] A. C. 3. R, "'Guide to Curing Concrete'," *American Concrete Institute*, 2001..
- [11] N. Campoy, O. Chávez, E. Rojas, J. Gaxiola, J. Millán and D. De la Rosa, "Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros," *Ing. invest. y tecnol.*, 2021.
- [12] E. Moreno, J. Valera, R. Solis and O. Sánchez, "Efecto de las fibras poliméricas en la permeabilidad y características mecánicas del concreto con agregado calizo de alta absorción," *Universidad Autónoma de Yucatán*, 2013.
- [13] J. Martinez, J. Correa and I. Díaz, "Reforzamiento de vigas de hormigón armado empleando barras de polímeros reforzados con fibras de vidrio (PRFV).," *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 2019.
- [14] R. JM, C. L, F. MV, O. R, T. M and G. G. F, "Propiedades mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos," *AVANCES MECANICOS*, p. 7, 2013.
- [15] P. L. López, "Población Muestra y Muestreo," *Punto Cero v.09 n.08*, p. 5, 2014.
- [16] L. Á. G. Gonzales, "Muestreo probabilístico y no probabilístico. Teoría," *Gestiopolis*, p. 6, 2015.
- [17] L. S. Abrigo Campos, "RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM² ADICIONANDO FIBRA DE VIDRIO EN PROPORCIONES DE 2%, 4% Y 6%," *UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE*, p. 112, 2018.
- [18] B. S. Deledesma Carrera, "'Resistencia a compresión de un concreto f'c = 210 kg/cm² sustituyendo agregado fino por fibras y virutas de acero, Ancash - 2019'," 2019.
- [19] S. P. Alfaro Honorio and E. V. Cuadra Lezama, "Adición de viruta de acero y agregados de la cantera Milagro en el mejoramiento de las características mecánicas del concreto, Trujillo 2020'," 2020.
- [20] J. Taborda, L. Cañas and J. Tristancho, "Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de la resina poliéster reforzada con fibra de bambú, como material sustituto de la fibra de vidrio," *DYNA*, 2017.