



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Evaluación de la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$
kg/cm² agregado de viruta de acero respecto al peso del cemento

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: Ingeniero Civil

AUTOR(ES):

Cordero Huamani, Yuri (ORCID: 0000-0002-9058-3638)

Palomino Caceres, Joe (ORCID: 0000-0002-2258-142X)

ASESOR(A):

M(o). De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (ORCID: 0000-0003-0254-301X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

CALLAO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A nuestros Padres y familia por su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres y hermanos.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEORICO	3
III.- METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.1.1. Tipo de investigación	10
3.1.2. Diseño de investigación	10
3.1.3. Enfoque de la investigación	11
3.2. Variables y Operacionalización:	11
3.3. Población, muestra y muestreo:	12
3.3.1. Población	12
3.3.2. Muestra	12
3.3.3. Muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	13
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos:	29
3.7. Aspectos éticos:	29
IV.- RESULTADOS	30
V.- DISCUSIÓN	40

VI.- CONCLUSIONES	44
VII.- RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS	47
ANEXOS	51
ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autores)	51
ANEXO 2: Declaratoria de autenticidad (asesor)	53
ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables	54
ANEXO 4: Fichas de laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos	55
ANEXO 5: Ficha técnica cemento Sol Portland tipo I	59
ANEXO 6: Panel Fotográfico	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de testigos por porcentaje de viruta de acero	12
Tabla 2: Granulometría y características físicas del agregado grueso	13
Tabla 3: Granulometría y características físicas del agregado fino	15
Tabla 4: Contenido de humedad del agregado grueso	16
Tabla 5: Contenido de humedad del agregado fino	17
Tabla 6: Peso específico del cemento	17
Tabla 7: Características físicas del agregado fino	18
Tabla 8: Características físicas del agregado fino	18
Tabla 9: Resistencia promedio alcanzada por el concreto	18
Tabla 10: Asentamientos recomendados para el concreto	19
Tabla 11: Volumen Unitario de Agua	19
Tabla 12: Contenido de aire	20
Tabla 13: Relación agua / cemento por resistencia	20
Tabla 14: Interpolación de concreto sin aire incorporado	21
Tabla 15: Factor cemento	21
Tabla 16: Cálculo del peso del agregado grueso	21
Tabla 17: Interpolación para determinar contenido de agregado grueso	22
Tabla 18: Cálculo del peso del agregado fino	22
Tabla 19: Contenido del agregado fino	23
Tabla 20: Valores de diseño de mezcla	23
Tabla 21: Corrección por humedad del agregado fino	23
Tabla 22: Corrección por humedad del agregado grueso	24
Tabla 23: Humedad superficial del agregado fino	24
Tabla 24: Humedad superficial del agregado grueso	25
Tabla 25: Aporte de humedad de los agregados	25
Tabla 26: Cálculo de agua efectiva	25
Tabla 27: Pesos de materiales corregidos por humedad	26
Tabla 28: Proporción en peso por bolsa de cemento	26
Tabla 29: Comparación de relación agua/cemento de diseño y efectivo	27
Tabla 30: Pesos por tanda de una bolsa de cemento de 42.5 kg	27

Tabla 31: Medidas de probeta cilíndrica.....	27
Tabla 32: Cantidad de material por testigo patrón.....	28
Tabla 33: Cantidad de material por testigo con adición de viruta al 3%	28
Tabla 34: Cantidad de material por testigo con adición de viruta al 5%	28
Tabla 35: Resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días.....	30
Tabla 36: Resistencia a la compresión del concreto patrón en diferentes edades	32
Tabla 37: Resistencia a la compresión del concreto con 3% de viruta de acero en diferentes edades	34
Tabla 38: Resistencia a la compresión del concreto con 5% de viruta de acero en diferentes edades	36
Tabla 39: Resistencia a la compresión alcanzada a los 7 y 14 días.....	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva granulométrica del agregado grueso.....	14
Figura 2: Curva granulométrica del agregado fino.....	16
Figura 3: Resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días	31
Figura 4: Resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón.....	33
Figura 5: Resistencia a la compresión del concreto con 3% de viruta.....	35
Figura 6: Resistencia a la compresión del concreto con 5% de viruta.....	37
Figura 7: Comparación de la resistencia a la compresión en diferentes edades	39

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo determinar la influencia de las concentraciones de viruta de acero del 3 y 5 % con respecto al peso del cemento en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$.

La metodología empleada fue de tipo aplicada, con diseño experimental y con un enfoque cuantitativo. El estudio tuvo una población conformada por 27 testigos en total, los cuales lo conformaron 9 testigos patrón, 9 con agregado de 3% y 9 con agregado de 5% de viruta, y fueron sometidos a 3 pruebas en las edades de 7, 14 y 28 días en grupos de 3 testigos patrón, 3 con agregado de 3% y 3 con agregado de 5% de viruta.

Los resultados obtenidos fueron que el concreto patrón, el concreto con agregado de 3% y 5% de viruta de acero a los 28 días consiguieron una resistencia de 218.15 kg / cm^2 , 226.30 kg / cm^2 y 233.16 kg / cm^2 . Se concluye que a los 28 días se observa una influencia positiva en la resistencia a la compresión habiendo un incremento de 8.15 kg / cm^2 y 15.01 kg / cm^2 en comparación con el concreto patrón, estos resultados mejoran la resistencia a la compresión en un 3.73% y 6.88% respectivamente.

Palabras clave: Concreto, viruta de acero, resistencia a la compresión

ABSTRACT

The objective of the investigation was to determine the influence of the concentrations of steel shavings of 3 and 5% with respect to the weight of the cement in the compressive strength of the concrete of $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$.

The methodology used was of an applied type, with an experimental design and with a quantitative approach. The study had a population made up of 27 controls in total, which were made up of 9 standard controls, 9 with addition of 3% and 9 with addition of 5% of shavings, and were subjected to 3 tests at the ages of 7, 14 and 28 days in groups of 3 standard controls, 3 with addition of 3% and 3 with addition of 5% of shavings.

The results obtained were that the standard concrete, the concrete with addition of 3% and 5% of steel shavings at 28 days achieved a resistance of 218.15 kg / cm^2 , 226.30 kg / cm^2 and 233.16 kg / cm^2 . It is concluded that at 28 days a positive influence on compressive strength is observed, with an increase of 8.15 kg / cm^2 and 15.01 kg / cm^2 compared to the standard concrete, these results improve the compressive strength by 3.73% and 6.88% respectively.

Keywords: Concrete, steel shavings, compressive strength

I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel mundial todo proceso de manufactura genera residuos los cuales muchas veces no son reutilizados ni mucho menos reciclados por el costo que esto les generarían a las compañías, lo que las motiva a simplemente desecharlas, la industria de metal-mecánica genera anualmente toneladas de virutas en todo el mundo.

Una práctica muy arraigada por los talleres mecanizados en América Latina es desecharlos sin mayor tratamiento, todos los procesos de maquinado realizados por las empresas metalmeccánica generan una gran cantidad de residuos sólidos entre ellas la viruta que se desprenden del material metálico en los procesos de maquinado (Valencia Rodríguez y Forero Páez 2019).

En el ámbito nacional dentro del sector metalmeccánico los residuos sólidos que corresponden a virutas, chatarras, escorias y polvos metálicos corren la misma suerte, solo un porcentaje reducido es reciclado y usado en diversas aplicaciones, en la presente investigación se estudió como agregado para la utilización en concreto armado.

Con respecto a la localidad no hay empresa metal-mecánica que recicle o le dé un segundo uso a sus desechos sólidos, lo que motiva investigar sobre los beneficios de agregar estos materiales a un concreto y se pueda reutilizar estos mismos para disminuir la contaminación ambiental

Existen diferentes tipos de fibras de metal que se usan como agregado para aumentar la resistencia a la compresión del concreto, entre los cuales tenemos a la viruta de acero, se investiga cual es el beneficio y en qué medida esta última la incrementa.

La investigación presente se orienta a la evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto realizado con la norma ACI 211 y otros que tienen agregación de viruta de acero en porcentajes de 3 y 5 % con respecto al peso del

cemento, en diferentes días de curado 7, 14 y 28 días, con el objetivo de determinar el efecto que esta provoca en las propiedades mecánicas que tiene el concreto.

Los resultados contribuyen a establecer las propiedades mecánicas de este nuevo concreto al que se le adiciona virutas de acero, y al darle un segundo uso disminuir en cierta medida la contaminación por residuos metálicos.

En base a la realidad problemática expuesta nos motiva a plantear la siguiente pregunta: ¿Cuál es la influencia de la adición de viruta de acero 3 y 5 % en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ con respecto al peso del cemento?.

Actualmente las empresas manufactureras generan mucha contaminación ambiental por los residuos arrojados al medio ambiente sin algún tratamiento adecuado para mitigar este daño, es por ello que en la presente investigación se le da una utilización a la viruta de acero, que es un residuo generado por los talleres mecanizados, agregando en diferentes porcentajes para la elaboración del concreto con el objetivo de incrementar una de sus principales características que es la resistencia a la compresión, se añaden diferentes proporciones con respecto al peso de cemento para determinar cuál es la relación más óptima.

El objetivo general es comprobar el efecto de las concentraciones de viruta de acero que produce en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ y los objetivos específicos planteados en la presente investigación son determinar la resistencia a compresión del concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ y concreto con adición al 3 y 5 % de viruta de acero con respecto al peso del cemento y realizar la comparación de resistencias alcanzadas en los días 07 y 14 días de curado. Del mismo modo se plantea la hipótesis general donde la resistencia a la compresión del concreto de prueba añadido con viruta de acero supera al diseño patrón de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$. En el mismo sentido las hipótesis específicas son que el concreto de prueba adicionado con viruta de acero al 3 y 5 % supera en resistencia a la compresión al concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ y en la comparación de resistencias alcanzadas en los días 07 y 14 días de curado los testigos con fibra de acero obtienen una resistencia mayor que el patrón.

II.- MARCO TEORICO

En una investigación realizada por Gao, Gu, Pang y Yang (2021), que lleva por título "*Mechanical properties of recycled fine aggregate concrete incorporating different types of fibers*", publicada en la revista Construction and Building Materials, con el objetivo de investigar las características mecánicas del hormigón de agregado fino reciclado reforzado con fibra en donde el agregado fino natural fue reemplazado por agregado fino reciclado, y los parámetros experimentales incluyeron el tipo de fibra y la fracción de volumen de fibra. Para los experimentos de laboratorio se seleccionaron dos tipos de fibras de acero que son: con extremos en forma de gancho y fibra de acero microfina, del mismo modo dos tipos de fibras flexibles, fibra de polipropileno y fibra de basalto.

Los investigadores llegaron a concluir que la resistencia a la compresión del concreto de agregado fino reciclado aumentó con el incremento de la porción de volumen de fibra de acero, mientras que la influencia de fibra de polipropileno y fibra de basalto en la resistencia a la compresión fue insignificante. Los efectos de fortalecimiento con los diferentes tipos de fibra sobre la resistencia a la compresión de concreto de agregado fino reciclado se clasificaron como: Fibra de acero micro fina > Fibra de acero con extremo en forma de gancho > Fibra de polipropileno > Fibra de basalto.

Gao y Wang (2021), elaboraron una investigación experimental titulada "*Effects of recycled fine aggregate and steel fiber on compressive and splitting tensile properties of concrete*", la cual publican en la revista indexada Journal of Building Engineering y tuvo el objetivo de estudiar los efectos del agregado fino reciclado y la fibra de acero en la propiedad de resistencia a la compresión y de tracción dividida del concreto con agregado fino reciclado reforzado con fibra de acero, en las probetas de ensayo se analizó la distribución y cantidad de fibra de acero, para así poder hallar la influencia de la longitud y volumen de fibra de acero en las características de compresión y tracción dividida.

Quienes llegaron a la conclusión de que la resistencia a la compresión y la resistencia a la tensión con el uso de agregado fino reciclado es menor que la del agregado natural debido a su porosidad, por otro lado, estas propiedades

incrementan significativamente con respecto a aquellas pruebas a las que no se le agregaron la fibra de acero.

En la investigación denominada “*Novel lightweight concrete containing manufactured plastic aggregate*”, realizada por Alqahtani, Ghataora, Khan y Dirar (2017) y presentada en la revista científica *Construction and Building Materials*, con el objetivo de hallar la influencia del agregado plástico manufacturado en las propiedades frescas, endurecidas y de microestructura del concreto, el estudio contempla un total de 6 tipos de mezclas que incluyen el diseño patrón y los desiguales porcentajes de reemplazo, del mismo modo las pruebas mecánicas se realizaron a los 28 días de acuerdo a los estándares internacionales y los resultados obtenidos se calcularon como el promedio de tres mediciones.

Los investigadores concluyeron que, a mayor incremento del porcentaje de agregado plástico manufacturado las propiedades del asentamiento, la resistencia a la flexión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la compresión disminuyen con respecto al concreto patrón. También se identificó que ni la densidad fresca ni la densidad endurecida se vieron afectadas significativamente por el nivel de reemplazo.

En la investigación de Zaki, AbdelAleem, Hassan y Colbourne (2021), que lleva por título “*Impact resistance of steel fiber reinforced concrete in cold temperatures*”, publicada en la revista indexada *Cement and Concrete Composites*, tuvo el objetivo de estudiar la resistencia al impacto y las características mecánicas de fibra de acero del concreto armado a bajas temperaturas, utilizando diferentes tipos de fibras de acero: fibras de aguja, extremo de gancho simple y extremo de gancho doble, con longitudes de 35 mm y 60 mm, en diferentes volúmenes. Las mezclas estudiadas se probaron a diferentes temperaturas, incluidas la temperatura ambiente (20 ° C), 0 ° C, -10 ° C y -20 ° C.

Los que llegaron a la conclusión de que, para todas las muestras probadas el decremento de la temperatura por debajo de la temperatura de ambiente se observa una mejora en las evaluaciones de fuerza de compresión y resistencia al impacto. Sin embargo, a medida que disminuye la temperatura las muestras de concreto que no tienen adición de fibras de acero son más frágiles. Por otro lado,

los efectos de las bajas temperaturas en la mejora de las características mecánicas y resistencia al impacto son las más altas cuando se incrementa el tamaño de agregado grueso de 10 mm a 20 mm.

En una investigación efectuada por Alwesabi et al. (2021), que se titula “Experimental investigation on fracture characteristics of plain and rubberized concrete containing hybrid steel-polypropylene fiber”, publicada en la revista Structures, con el objetivo de indagar la influencia de la inclusión de partículas de caucho granulado y fibra híbrida de acero-polipropileno en las resistencias a la tracción, la compresión y las características fractura del concreto simple y engomado. Quienes para sus experimentos agregaron fibras híbridas de diferentes tipos y tamaños, la dosis baja de fibra de polipropileno (<0,2%) se combina con una dosis alta (superior al 0,5%) de fibra de acero, del mismo modo el concreto se realizó con tres tipos de combinaciones de fibras: fibra de polipropileno sola, fibra de acero sola y de polipropileno con fibra de acero.

Los investigadores basados en los resultados de su estudio llegaron a la conclusión de que la agregación de fibra de acero y fibra mixta resultaron en un aumento significativo de la fuerza de compresión y resistencia a la tracción, pero las mezclas reforzadas con 0.1% de polipropileno + 0.9% de fibra de acero produjeron los mejores resultados en ambas fuerzas.

Saidani, Saraireh y Gerges (2016) llegaron a cabo una investigación que lleva por título “*Behaviour of different types of fibre reinforced concrete without admixture*”, la cual fue publicada en la revista internacional Engineering Structures, la investigación que tuvo por objetivo establecer la resistencia a la compresión, resistencia a la tensión, densidad y la trabajabilidad para hormigón grado 30 sin aditivo. Se experimentaron con testigos de concreto sin ninguna adición de fibra y concreto con diferentes tipos de fibra como son de: acero, macro-propileno y micro-propileno, variando su proporción en 1%, 2% y 4% con respecto al volumen del cemento, las evaluaciones en tiempos de curado de 7, 14 y 28 días.

Llegando a la conclusión de que el resultado más óptimo en la resistencia a la compresión de la fibra de acero, macro-propileno y micro-propileno se encontraron en 4%, 4% y 1% respectivamente. Por otro lado las fibras anteriormente

mencionadas no proveen una mejora significativa en la resistencia a la compresión después de los 28 días. Los valores de resistencia a la compresión del concreto con fibras caen ligeramente con respecto al del testigo patrón.

Alfaro y Cuadra (2020), en su tesis denominada "*Adición de viruta de acero y agregados de la cantera Milagro en el mejoramiento de las características mecánicas del concreto, Trujillo 2020*", presentado en la Universidad Cesar Vallejo para conseguir el título profesional de ingeniero civil, con el objetivo de establecer cuál es la influencia que tienen la agregación de viruta de acero y los agregados de la cantera Milagro en el aumento de las características mecánicas del concreto, utilizaron en la investigación un diseño experimental puro, con un muestreo no probabilístico por juicio y realizaron la recolección de datos utilizando la técnica de observación con ayuda de la guía de observación.

Los investigadores concluyeron que la influencia de añadir la viruta de acero, en base a los resultados que obtuvieron fue positiva ya que mejoró las características del concreto en estado sólido como la flexión, resistencias a la compresión y resistencia a la tracción, el resultado más óptimo alcanzó cuando se añadió 3.5% de la viruta de acero reciclado, ya que incrementó la resistencia a la compresión en un 20.08%, del mismo modo aumentó la resistencia a tracción en un 27.62% y por último hubo un incremento en la resistencia a flexión en un 14.43% con respecto a los resultados obtenidos de las probetas de concreto patrón.

Riveros y Vilca (2021), en su investigación titulada "*Propuesta de diseño de las propiedades mecánicas del concreto con adición de viruta de acero fundido en reemplazo parcial del agregado fino*", presentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, presentado para lograr el título profesional de ingeniero civil, el cual tuvo un objetivo general fue determinar la resistencia a tracción, compresión y flexión del concreto con diseño $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ y con la incorporación de 3%, 6% y 9% de viruta de acero fundido en sustitución parcial del agregado fino (p.9). Para los experimentos se utilizaron diseños de concreto para una resistencia a la compresión de 210 kg / cm^2 como patrón y concreto con adición de viruta de acero fundido en porcentajes anteriormente mencionadas, según la norma ACI 211 del 2009. El estudio determinó a través de una evaluación las características

mecánicas del concreto patrón y concreto con adición de viruta de acero fundido en porcentajes de 3%, 6% y 9%. Se evaluó en estado fresco el peso unitario, slump y la temperatura, del mismo modo en estado solido como la tracción, resistencia a la compresión y la flexión. Quien llegó a la conclusión de que al agregar la viruta de acero fundido en un porcentaje de 6% en sustitución del agregado fino, se obtiene la resistencia más alta frente a las muestras con otros porcentajes, Por otro lado, al agregar el 9% de viruta de acero fundido se obtienen los resultados más bajos en resistencia a la tracción, compresión y flexión a los 28 días de edad.

Rafael y Reynal (2020) en su tesis que lleva por título "*Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Trujillo 2020*". Presentada en la Universidad Privada del Norte para lograr el título profesional de ingeniero civil, El cual tuvo el objetivo general de establecer cuál es la influencia que provoca las fibras de acero reciclado y comercial sobre las características mecánicas del concreto $F'c=210 \text{ kg / cm}^2$ (p.17). Es por ello que, las muestras se someten a pruebas de compresión y flexión, agregando proporciones de fibra de viruta al 1%, 2.5% y 4%. El investigador llegó a la conclusión de que cuando las muestras tienen agregadas la fibra de acero reciclado y comercial al 1% y 2.5% para ambos casos se observa un ascenso significativo en la resistencia a la compresión de los testigos a los 28 días, sin embargo, se observa resistencia más alta cuando el porcentaje tanto para la adición de fibra de acero reciclado como comercial es 1%.

El material de ingeniería más utilizado en el mundo actualmente es el concreto, todos los años en el mundo se elaboran alrededor dos mil millones de metros cúbicos de concreto lo que lo lleva a convertirse en un material que no puede faltar para la construcción de estructuras como edificaciones, puentes, centrales eléctricas presas y estructuras hidráulicas. Los principales elementos que integran el concreto son el agua, cemento Portland, agregados fino y grueso, cuando se mezclan el cemento con el agua reacciona para formar un aglutinante que mantiene los agregados juntos y se amoldan al encofrado hasta alcanzar una dureza pétreo, su principal propiedad es la resistencia a la compresión que obtiene culminado el tiempo de curado, sin embargo es relativamente débil ante fuerzas de tensión, por

lo que a menudo se incorporan refuerzos de acero para soportar la tracción (León y Hernández, 2016; Leung, 2001, pp.1471-1479).

Existen diferentes tipos de concreto y se clasifican según su resistencia tenemos el concreto de resistencia normal, alta resistencia y ultra alto desempeño (Fu et al, 2021). Los cuales son utilizados en diferentes tipos de estructuras y concreto convencional o de resistencia normal tiene un extenso uso en las estructuras más frecuentes como la utilización en columnas, cimentaciones, placas macizas y aligeradas, vigas, muros de contención, y muchos más, generalmente estructuras destinadas al sector educación, salud y vivienda, donde no se exigen resistencias a la compresión elevadas, por otro lado los concretos de alta resistencia son empleados con mayor frecuencia, por sus excelentes características físico-mecánicas, en las edificaciones de los sectores como gas/petróleo, electricidad, edificios muy altos y elementos pre esforzados (Cabrera, 2018).

Por otro lado, las estructuras a base de cemento tienen inconvenientes intrínsecos ya que poseen una baja resistencia a tracción y resistencia al agrietamiento (Ji, Zhang y Liew 2021; Li et al. 2018). Por lo que se realizan diferentes investigaciones con la utilización de fibras de alcohol polivinílico, fibras de polipropileno, fibras de basalto, fibras de carbono vírgenes y fibras de vidrio para contrarrestar o minimizar este inconveniente intrínseco y se concluye que las resistencias a la flexión del concreto con los compuestos de cemento reforzado con fibra fueron más altas que las del compuesto de cemento simple (Akbar y Liew, 2021).

La arena de río es ampliamente utilizada como agregado fino en la industria de la edificación y construcción, existe una relación entre las propiedades básicas del agregado fino, como gravedad específica y módulo de finura que se relacionan directamente con la resistencia a la compresión, sortividad y absorción de agua (Vandhiyan, Vijay y Manoj, 2021). Del mismo modo los agregados influyen significativamente en las características mecánicas del concreto endurecido. Es por ello que el agregado fino es un elemento principal en la producción del concreto porque desempeña un papel importante ya que influye en la resistencia a la compresión del concreto (Alwaeli et al. 2020).

En la preparación de concreto el agregado grueso representa el mayor volumen de la mezcla y de acuerdo con a procedencia pueden clasificarse en áridos de piedra natural como piedras de canteras o artificiales(Arun, Chekravarty y Murali, 2021; Chinnu et al., 2021).

El análisis granulométrico es una clasificación de los agregados grueso y fino que indica cual es la separación del tamaño de los componentes de este agregado; este análisis se establece a través de la cantidad de material de una muestra del agregado que pasa por un conjunto de tamices, cuyas separaciones o aberturas de la malla y se ordenan de manera descendente. Se entiende por tamiz una taza esmaltada con una malla en su interior de aberturas estandarizadas con forma cuadrada (Molina, Camacho y Reyes, 2016; Paredes, Reyes y Camacho, 2014). Los resultados de esta evaluación se dan de acuerdo a la cantidad de agregado retenido y la cantidad de agregado que atraviesa por el tamiz estos valores son representados en porcentajes; Con estos resultados se elaboran las curvas granulométricas y se fijan gráficamente líneas de control para su posterior evaluación, en el eje de las ordenadas se encuentra el porcentaje de agregado que atraviesa el tamiz y en el eje de las abscisas la distancia de separación que tiene cada tamiz (Palacio, Chávez y Velásquez, 2017).

Bulk density o peso unitario de los agregados, se basa en establecer la densidad total que tiene agregado como la consecuencia de dividir la masa total en estado seco compactado o no compactado entre el volumen que éste mismo agregado ocupa se debe incluir los vacíos de aire entre partículas dentro de un recipiente (Tyagi et al., 2019).

III.- METODOLOGÍA

Según Tamayo y Tamayo (2003), la metodología es un procedimiento mediante el cual podemos lograr de manera precisa alcanzar el objetivo de la investigación, puesto que nos presenta los métodos y las técnicas para desarrollo adecuado de la investigación.

La metodología constituye la médula espinal del proyecto de investigación; ya que indica a la descripción de las unidades de investigación o de análisis, las diferentes técnicas que se utilizarán y la forma en que se recolectarán los datos, del mismo modo establece los instrumentos de medición que se emplearán, los procedimientos y las técnicas de análisis para alcanzar el objetivo general (Morles, 2011).

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación aplicada, se enfoca sobre la solución de problemas concretos aplicando conocimientos aprendidos en materias precedentes de la formación profesional (Valderrama, 2013).

En base a lo argumentado la investigación presente es de tipo aplicada, porque se orienta a la solución de problemas reales como utilización de agregados reciclados en el diseño de un concreto amigable con el medio ambiente, para ello se aplican conocimientos aprendidos en materias de pregrado.

3.1.2. Diseño de investigación

La investigación con diseño experimental puede dividirse en las siguientes categorías: preexperimentos, experimentos “puros” y cuasiexperimentos, la particularidad de un experimento puro es que requiere de manera intencional la manipulación de una variable a la que se denomina independiente para

posteriormente analizar sus posibles efectos o resultados en la variable dependiente (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014).

El diseño de la presente investigación utilizada fue experimental, ya que se eligió al azar los testigos cilíndricos que se van a evaluar a los 7, 14 y 28 días, estos grupos experimental y de control ya se encuentran establecidos y definidos una vez que se haya mezclado el concreto, por otro lado, el investigador solo puede elegir la presencia y ausencia de la fibra de acero en porcentaje de 3% y 5% con respecto al peso de cemento.

3.1.3. Enfoque de la investigación

La investigación presente fue de enfoque cuantitativo, ya que está compuesto por un conjunto de procesos de manera secuencial y de resultados probatorios de naturaleza numérica, se plantea un problema de estudio concreto y delimitado el cual es analizado de manera objetiva a través de procesos estandarizados.

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable cuantitativa 1:

Resistencia a la compresión: Se conceptualiza como el esfuerzo máximo que el concreto muestra a la fuerza de compresión sin quebrarse, es también conocido como la capacidad que tiene el concreto para resistir una carga máxima por unidad de área y se entiende como una propiedad mecánica del concreto (Silva, 2016, p. 4).

Variable cuantitativa 2:

Viruta de acero: Son residuos de que se generan cuando una maquinaria (Tornos, fresadoras, cortadoras, etc.) trabaja en la elaboración de piezas elaboradas de acero como tuberías, tornillos, tuercas y muchos similares (Díaz y Mogollon , 2020, p. 16).

3.3. Población, muestra y muestreo:

3.3.1. Población

En la investigación presente la población de estudio estuvo constituido por 27 testigos en total, la siguiente tabla detalla la distribución de testigos cilíndricos usados en la investigación, dividido en los diferentes días de ensayo (7, 14, 28 días) y diferentes cantidades agregadas de viruta metálica (3 y 5%), estos porcentajes se calcularon con respecto al peso del cemento.

Tabla 1: Número de testigos por porcentaje de viruta de acero

		Ensayos			Total
		7 días	14 días	28 días	
Patrón		03	03	03	09
VIRUTA METÁLICA	3%	03	03	03	09
	5%	03	03	03	09
TOTAL					27

3.3.2. Muestra

En la investigación presente se tuvo una muestra de tamaño similar al de la población de estudio $N = n$, y estuvo integrada por una cantidad de 27 testigos, por lo que se utilizaron la totalidad de ellos.

3.3.3. Muestreo

En la investigación presente tuvo un muestreo no probabilístico por conveniencia ya que la selección de los testigos no depende de probabilidades, y se utilizó los testigos de concretos preparados con anterioridad.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La técnica usada en esta investigación es la observación no participante ya que se trató de un estudio donde no hubo intervención directa por parte de los investigadores, esta observación se realizó sobre los testigos de concreto del grupo control y experimental que fueron sometidos a la prensa para ensayo de compresión.

El instrumento principal para la captura de datos fue la guía de observación, y tuvo la finalidad de capturar los datos cuantitativos correspondiente a la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos.

3.5. Procedimientos

A continuación, se detalla el procedimiento que se siguió para la preparación del concreto requerido en la presente investigación.

Primero. En principio se determinan las propiedades físicas del agregado grueso ya que influyen en el comportamiento del concreto, para ello el laboratorio especializado realizó el tamizado del agregado grueso para determinar los porcentajes que pasan y los retenidos, halló el tamaño nominal máximo y máximo nominal, el contenido de humedad, el peso unitario compactado y suelto así como el peso específico seco, saturado y aparente seco por último determinaron el porcentaje de absorción que tuvo el agregado grueso.

Tabla 2: Granulometría y características físicas del agregado grueso

TAMAÑO DE MALLAS		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO EN %	% QUE PASA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
(Pulg.)	(mm)				Tamaño máximo	1"
2"	50.00	0	0.00	100.00	Tamaño máximo nominal	3/4"

1 1/2"	37.50	0	0.00	100.00	Contenido de humedad	1.26
1"	25.00	175	8.48	91.52	Peso unitario suelto (tn/m3)	1.42
3/4"	19.00	925	44.84	46.68	Peso unitario compactado (tn/m3)	1.66
1/2"	12.50	479	23.22	23.46	Peso específico seco	2.68
3/8"	9.52	340	16.48	6.98	Peso específico saturado	2.71
1/4"	6.35	119	5.77	1.21	Peso específico aparente seco	2.75
BASE	4.76	25	1.21	0.00	Porcentaje de absorción (%)	0.94
	total	2063	100.00			

Fuente: Elaboración propia

La figura 1 muestra la curva granulométrica obtenida de la porción de agregado grueso evaluado la cual se observa que se halla en de los límites reconocidos por la norma.

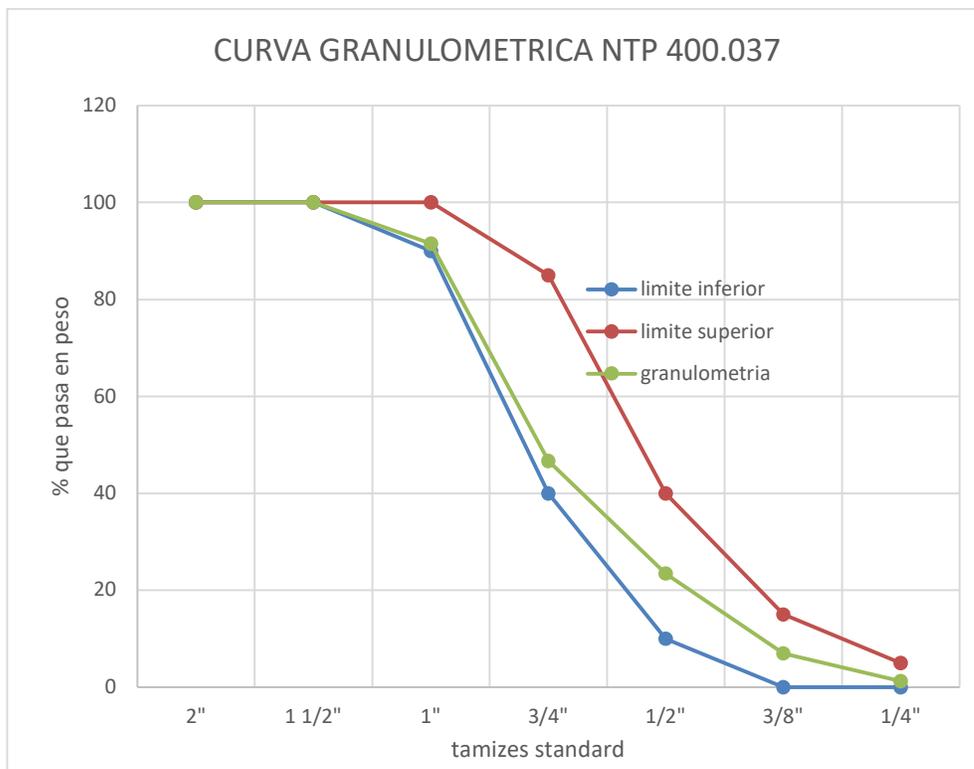


Figura 1: Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

Segundo. Se determinan las características físicas del agregado fino porque influyen en el comportamiento del concreto del mismo modo el laboratorio especializado realiza el tamizado del agregado fino para determinar los porcentajes que atraviesan y los que son retenidos por los tamices, se halló el módulo de fineza, el peso unitario compactado y suelto, el peso específico seco, saturado y aparente seco, el contenido de humedad, se estableció el cantidad porcentual de absorción y por último la cantidad porcentual que atraviesa la malla número 200.

Tabla 3: Granulometría y características físicas del agregado fino

Tamaño de mallas		Peso retenido (g)	Retenido en %	Porcentaje que pasa	Características físicas	
(Pulg.)	(mm)					
3/8"	9.52	0	0.00	100.00	Módulo de fineza	3.10
N° 04	4.76	90.52	4.76	95.24	Contenido de humedad	6.68
N° 08	2.36	263.45	13.86	81.38	Peso unitario suelto (tn/m3)	1.65
N° 16	1.18	325.39	17.12	64.27	Peso unitario compactado (tn/m3)	1.77
N° 30	0.59	630.72	33.18	31.09	Peso específico seco	1.69
N° 50	0.3	325.38	17.11	13.98	Peso específico saturado	1,74
N° 100	0.15	195.19	10.27	3.71	Peso específico aparente seco	1.69
N° 200	0.07	46.54	2.45	1.26	% Absorción	2.78
BASE	0.1	23.98	1.26	0.00	% Que pasa la malla N° 200 (menor a 0.5%)	1.26
	total	1901.17	100.00			

Fuente: Elaboración propia

La figura 2 presenta la curva granulométrica obtenida de la muestra de agregado fino la cual también se encuentra adentro de los límites instituidos por la norma.

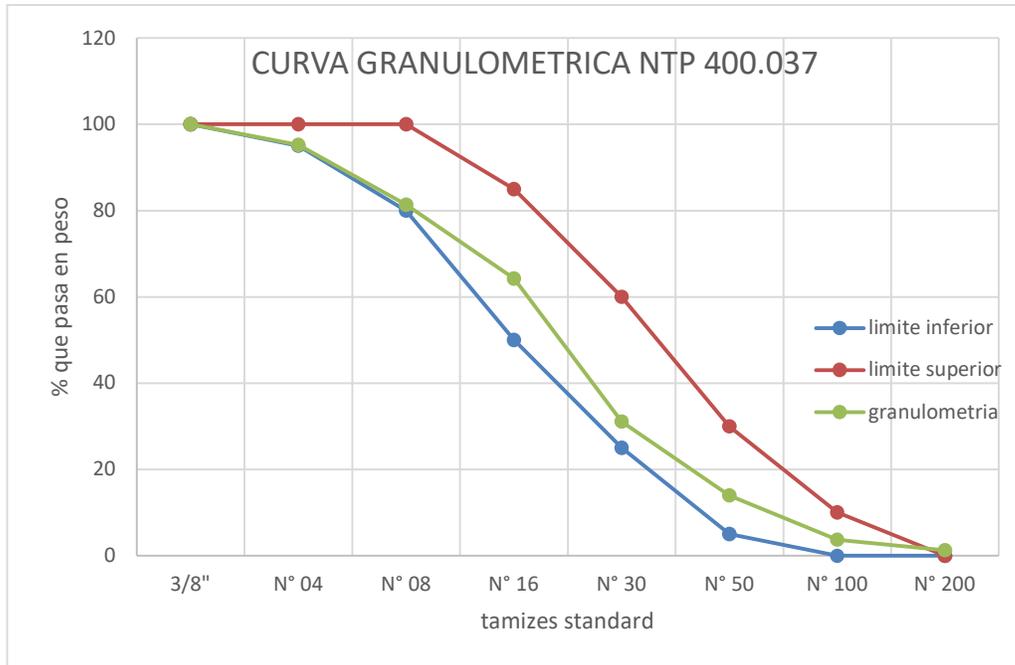


Figura 2: Curva granulométrica del agregado fino
Fuente: Elaboración propia

Tercero. El agregado grueso tiene un contenido de humedad el cual se determina según NTP 339.185, para este análisis se necesitó hallar el peso de la tara o recipiente que contiene la muestra del agregado grueso, con la utilización de los formatos de laboratorio se finalizó calculando los datos de la tabla 4.

Tabla 4: Contenido de humedad del agregado grueso

Agregado Muestra	Agregado Grueso	
	A	B
Peso de capsula (g)	99.00	99.00
Peso de capsula más suelo húmedo (g)	501.00	511.10
Peso de capsula más suelo seco (g)	496.00	506.00
Peso del suelo húmedo (g)	402.00	412.10
Peso del suelo seco (g)	397.00	407.00
Peso del agua (g)	5.00	5.10
Contenido de humedad (w)	1.26%	1.25%
Promedio contenido de humedad %	1.26%	

Fuente: Elaboración propia

Cuarto. Se selecciona una porción del agregado fino y según la NTP 339.185 se determina el contenido de humedad, para este análisis se necesitó determinar el peso de la tara o recipiente que almacenará la muestra del agregado fino y con la utilización de los formatos de laboratorio se recabó los datos de la tabla 5.

Tabla 5: Contenido de humedad del agregado fino

Agregado	Agregado Fino	
	A	B
Muestra		
Peso de capsula (g)	99.00	99.00
Peso de capsula más suelo húmedo (g)	658.00	734.84
Peso de capsula más suelo seco (g)	623.00	695.00
Peso del suelo húmedo (g)	559.00	635.84
Peso del suelo seco (g)	524.00	596.00
Peso del agua (g)	35.00	39.84
Contenido de humedad (w)	6.68%	6.68%
Promedio contenido de humedad %	6.68%	

Fuente: Elaboración propia

Quinto. Se detalla a continuación los materiales utilizados y se siguen los lineamientos dados por el método ACI para el diseño de mezcla, para ello se detallan las características que tienen los materiales utilizados.

La tabla 6 indica el peso específico del cemento que se utilizó en el diseño de mezcla.

Tabla 6: Peso específico del cemento

Portland tipo I "Sol"	Cantidad	Unidad
Peso específico	3.10	gr/cm ³

Fuente: Especificaciones técnicas de cemento sol Portland tipo I

En la tabla 7 se observan las cualidades físicas del agregado fino que se obtuvieron por el laboratorio de las muestras enviadas

Tabla 7: Características físicas del agregado fino

Agregado fino	Cantidad	Unidad
Peso específico	1.69	gr/cm ³
Absorción %	2.78	%
Contenido de humedad %	6.68	%
Modulo de fineza	3.10	
Peso seco unitario compactado	1770	gr/m ³

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo en la tabla 8 se observan las propiedades físicas del agregado grueso de las muestras enviadas y que fueron obtenidas por el laboratorio.

Tabla 8: Características físicas del agregado grueso

Agregado grueso	Cantidad	Unidad
Peso específico	2.68	gr/cm ³
Absorción %	0.94	%
Contenido de humedad %	1.26	%
Peso seco unitario compactado	1660	kg/m ³
Tamaño nominal del agregado	3/4"	plg

Fuente: Elaboración propia

Sexto. Para comprobar la resistencia de diseño promedio se empleó la tabla 9.

Tabla 9: Resistencia promedio alcanzada por el concreto

Fuerza de compresión promedio	
f_c	f_{cr}
Menor a 210	$f_c + 70$
210 Δ 350	$f_c + 84$
Mayor a 350	$f_c + 98$

Por lo que se aumentó un factor de 84 kg / cm^2 para una resistencia de diseño de 210 kg / cm^2 haciendo un total de 294 kg / cm^2 como resistencia promedio.

Séptimo. Haciendo uso del cono de Abrams se halló el asentamiento para la mezcla de concreto el cual nos dio un valor de 3.1", y según la tabla 10 tiene una consistencia plástica y una trabajabilidad aceptable.

Tabla 10: Asentamientos recomendados para el concreto

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

Octavo. Se considera la tabla 11 para hallar el volumen unitario del agua, la cual indica el resultado según el asentamiento medido en pulgadas y el tamaño máximo que tiene el agregado grueso.

Tabla 11: Volumen Unitario de Agua

Asentamiento	Tamaño máximo del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concretos sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	220	216	205	193	181	169	146	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...

Una mezcla de consistencia plástica tiene un asentamiento de 3" a 4" y el tamaño máximo nominal que tiene el agregado grueso es de 3/4", por lo tanto y según el gráfico anterior tenemos que el volumen unitario de agua es 205 L/m³.

Noveno. Para el tamaño máximo nominal de agregado grueso de 3/4" corresponde un porcentaje de 2.00% de aire atrapado, lo cual se encuentra indicado en la tabla 12.

Tabla 12: Contenido de aire

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño máximo nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Decimo. A continuación, se determina la relación agua / cemento por resistencia a la compresión a los 28 días, para un valor de 294 kg / cm² no se encuentra establecido en la tabla 13, motivo por el cual se debe realizar una operación de interpolación y obtener el valor para un concreto sin aire incorporado.

Tabla 13: Relación agua / cemento por resistencia

Relación Agua / Cemento por resistencia		
F'cr (Kg/cm2) a 28 días	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
294	X	
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	...
450	0.38	...

En la tabla 14 se encuentran los valores que se utilizaron para determinar la interpolación y obtener el valor para un concreto sin aire incorporado con una resistencia de 294 kg / cm² a los 28 días el cual fue un valor de 0.56.

Tabla 14: Interpolación de concreto sin aire incorporado

F'cr (kg/cm²) a 28 días	Concretos sin aire incorporado
250	0.62
294	X
300	0.55

Fuente: Elaboración propia

Undécimo. En la tabla 15 se detalla el cálculo del factor cemento, siendo este el cociente de volumen unitario de agua y la relación de agua cemento, del mismo modo para determinar la cantidad de bolsas se halla dividiendo el factor de cemento entre 42.5 Kg, ya que este último valor es el peso de una bolsa de cemento.

Tabla 15: Factor cemento

Descripción	Cantidad
Volumen unitario de agua	205
Relación de agua cemento	0.56
Factor cemento	367.120 kg/m ³
Cantidad de bolsas de 42.5 kg	8.64

Fuente: Elaboración propia

Duodécimo. Para encontrar la cantidad de agregado grueso se utilizan los valores de la tabla 16, el cual está en relación con el tamaño máximo nominal del agregado grueso y también al módulo de fineza que tiene el agregado fino, sin embargo, al no haber para un módulo de fineza de 3.10 se realizó una interpolación.

Tabla 16: Cálculo del peso del agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino				
	2.4	2.6	2.8	3.10	3
3/8"	2.50	0.48	0.46		0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55		0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	X	0.60
1"	0.71	0.69	0.67		0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72		0.70
2"	0.78	0.76	0.74		0.72
3"	0.81	0.79	0.77		0.75
6"	0.87	0.85	0.83		0.81

Tabla 17: Interpolación para determinar contenido de agregado grueso

Módulos de fineza del agregado fino	Contenido de agregado grueso
2.8	0.62
3.10	X
3	0.60

Fuente: Elaboración propia

Del cálculo de interpolación se obtuvo un resultado de 0.59.

Peso del agregado grueso = $0.59 \times 1660 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{978.84 \text{ kg/m}^3}$

Decimotercero. Determinar el peso del agregado fino, antes se debe sumar el volumen absoluto de cemento, agua, aire y agregado grueso en metros cúbicos.

Tabla 18: Cálculo del peso del agregado fino

Material	Volumen absoluto	Unidad
Cemento	0.118	m ³
Agua	0.205	m ³
Aire = 2%	0.02	m ³
Agregado grueso	0.365	m ³
Total	0.709	m ³

Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a restar la unidad menos el valor total anteriormente calculado llegando al valor de 0.291 m³ como se indica a continuación.

Volumen del agregado fino = $1 - 0.709 = 0.291 \text{ m}^3$

Para determinar el peso del agregado fino en estado seco se multiplica el volumen del agregado fino por el peso unitario como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19: Contenido del agregado fino

Contenido de agregado fino		Und.
Volumen de agregado fino	0.291	m ³
Peso del agregado fino en estado seco	492.357	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Decimocuarto. La tabla 20 nos muestra los valores de diseño de mezcla que fueron calculados según el diseño de mezcla en base a los lineamientos de la ACI comité 211.

Tabla 20: Valores de diseño de mezcla

Valores de diseño de mezcla	Cantidad	Und.
Cemento	367.120	kg/m ³
Agua de diseño	205	lts/m ³
Agregado fino seco	492.357	kg/m ³
Agregado grueso seco	978.84	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Decimoquinto. Se realizó la corrección por humedad del agregado fino y grueso como se indican en las tablas 21 y 22 respectivamente.

Para determinar el peso húmedo del agregado fino se le agrega un 6.68% de su propio peso de diseño de agregado fino, y se obtiene un total de 525.25 kg /m³.

Tabla 21: Corrección por humedad del agregado fino

Agregado fino		
Contenido de humedad	6.68	%
Valor de diseño del agregado fino	492.357	kg/m ³
Peso húmedo del agregado fino	525.25	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo para encontrar el peso húmedo del agregado grueso se le suma un 1.26% de su propio peso de diseño de agregado grueso, y se obtiene un total de 991.17 kg /m3.

Tabla 22: Corrección por humedad del agregado grueso

Agregado grueso		
Contenido de humedad	1.26	%
Valor de diseño del agregado grueso	978.840	kg/m3
Peso húmedo del agregado grueso	991.17	kg/m3

Fuente: Elaboración propia

Se halló la humedad superficial de los agregados grueso y fino para luego detallarlas en las tablas 23 y 24 respectivamente, los agregados cuentan con humedad y para determinar el porcentaje total a agregar se calcula restando contenido de humedad de los agregados menos el porcentaje de la absorción respectivo, en la tabla 23 se observa que se agregará un 3.9%.

Tabla 23: Humedad superficial del agregado fino

Humedad superficial del agregado fino		
Contenido de humedad	6.68	%
Absorción	2.78	%
Total a agregar	3.9	%

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje total por agregar se calcula restando el contenido de humedad menos el porcentaje de la absorción del agregado grueso como se puede observar en la tabla 24, y dio como resultado un 0.32%.

Tabla 24: Humedad superficial del agregado grueso

Humedad superficial del agregado grueso		
Contenido de humedad	1.26	%
Absorción	0.94	%
Total a agregar	0.32	%

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia en la tabla 25 el aporte total de humedad de los agregados, en la tabla 25 se observa la cantidad en litros por metro cúbico que contribuyen los agregados a la mezcla. El aporte de humedad del agregado fino y grueso a la mezcla es de 19.2 y 3.13 litros por metro cúbico respectivamente, haciendo un total de 22.33 litros por metro cúbico.

Tabla 25: Aporte de humedad de los agregados

Aporte de humedad de los agregados		
Aporte de humedad del agregado fino	19.20	lts/m ³
Aporte de humedad del agregado grueso	3.13	lts/m ³
Aporte de humedad de los agregados	22.33	lts/m ³

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el agua efectiva se realizó restando la cantidad de agua de diseño menos la contribución de agua de los agregados dando como resultado el agua efectiva 182.67 litros por metro cúbico.

Tabla 26: Cálculo de agua efectiva

Cálculo de agua efectiva		
Descripción	Cantidad	Unidad
Agua de diseño	205	lts/m ³
Aporte de agua de los agregados	22.33	lts/m ³
Agua efectiva	182.67	lts/m ³ .

Fuente: Elaboración propia

Decimosexto. La siguiente tabla indica los pesos de los materiales que ya fueron corregidos por humedad y que fueron usados en el diseño de mezcla según la ACI 211, dando una cantidad por metro cúbico.

Tabla 27: Pesos de materiales corregidos por humedad

Pesos de materiales corregidos por humedad		
Cemento	367.12	kg/m ³
Agua efectiva	182.67	lts/m ³
Agregado fino húmedo	525.25	kg/m ³
Agregado grueso húmedo	991.17	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Decimosétimo. Se muestra a continuación la proporción en peso por bolsa de cemento donde se indica que, por cada kilo de cemento que se agregue a la mezcla son necesarios agregar las siguientes cantidades de materiales: 0.5 litros de agua, 1.43 kilos de agregado fino húmedo y 2.70 kilos de agregado grueso húmedo.

Tabla 28: Proporción en peso por bolsa de cemento

Proporción en peso			Proporción
Material	Cantidad	Unidad	
Cemento	367.12	kg de cemento	1
Agua efectiva	182.67	lts/kg cemento	0.50
Agregado fino húmedo	525.25	kg /kg de cemento	1.43
Agregado grueso húmedo	991.17	kg /kg de cemento	2.70

Fuente: Elaboración propia

La tabla 29 nos muestra la comparación de relación agua / cemento de diseño y efectivo, en donde inicialmente tenía un valor de 0.56 litros / kg de cemento y luego de realizar la corrección disminuyó a un valor de 0.50 litros / kg de cemento.

Tabla 29: Comparación de relación agua / cemento de diseño y efectivo

Relación agua / cemento	Relación	Unidad	Diseño
Relación agua / cemento de diseño	0.56	Litros/kg de cemento	Inicial
Relación agua / cemento efectivo	0.50	Litros/kg de cemento	Corregido

Fuente: Elaboración propia

Decimoctavo. Se halló las cantidades por tanda de una bolsa de cemento de 42.5 kg de los materiales que se utilizaron en la mezcla, los cuales son calculados en función de la proporción y el peso de una bolsa de cemento.

Tabla 30: Pesos por tanda de una bolsa de cemento de 42.5 kg

Pesos por tanda de una bolsa de cemento de 42.5 kg				
Material	Proporción	Bolsa	Total	Unidad
Cemento	1	42.5	42.50	kg/bls
Agua efectiva	0.50	42.5	21.15	lts/bls
Agregado fino húmedo	1.43	42.5	60.81	kg/bls
Agregado grueso húmedo	2.70	42.5	114.74	kg/bls

Fuente: Elaboración propia

Decimonoveno. La tabla 31 muestra las medidas de la probeta cilíndrica que fue utilizada en la elaboración de la totalidad de los testigos de concreto, para 3 testigos cilíndricos se necesitaron un volumen de 0.0159 cm³ de mezcla de concreto.

Tabla 31: Medidas de probeta cilíndrica

Medidas de probeta cilíndrica		Unidad
Altura	0.30	m
diámetro	0.15	m
Volumen	0.0053	m ³
Cantidad de cilindros	3	und
Total volumen	0.0159	m ³

Fuente: Elaboración propia

Vigésimo. Para la preparación de 3 testigo patrón de concreto la tabla 32 nos detalla la cantidad de material que se empleó.

Tabla 32: Cantidad de material por testigo patrón

Cantidad de material por testigo patrón		Unidad
Cemento	5.84	kg
Agua efectiva	2.91	lts
Agregado fino húmedo	8.35	kg
Agregado grueso húmedo	15.76	kg

Fuente: Elaboración propia

Vigesimalprimero. Para la preparación de 3 testigos de concreto con agregado de 3% de viruta de acero se emplearon las cantidades indicadas en la tabla 33.

Tabla 33: Cantidad de material por testigo con adición de viruta al 3%

Cantidad de material por testigo con adición de viruta al 3%		Unidad
Cemento	5.84	kg
Agua efectiva	2.91	lts
Agregado fino húmedo	8.35	kg
Agregado grueso húmedo	15.76	kg
Viruta de acero al 3%	0.175	kg

Fuente: Elaboración propia

Vigesimalsegundo. Para la preparación de 3 testigos de concreto con agregado de 5% de viruta de acero se emplearon las cantidades que se exponen en la tabla 34.

Tabla 34: Cantidad de material por testigo con adición de viruta al 5%

Cantidad de material por testigo con adición de viruta al 5%		Unidad
Cemento	5.84	kg
Agua efectiva	2.91	lts
Agregado fino húmedo	8.35	kg
Agregado grueso húmedo	15.76	kg
Viruta de acero al 5%	0.292	kg

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Los datos se realizaron a partir de los resultados cuantitativos que figuran en las fichas de registro de datos, por cada prueba se utilizaron 03 testigos de cilindro con agregado de viruta de acero al 3 y 5% y el resultado fue procesado con ayuda de una Hoja de cálculo Excel 2016.

3.7. Aspectos éticos:

En investigación presente las acciones de los investigadores se ciñeron a documentos reguladores como la declaración de Singapur concerniente a la integridad en la investigación la cual tiene por finalidad ser guía para una conducta adecuada en la investigación y se basa en principios de honestidad, responsabilidad y buena gestión de la investigación entre otros (2a Conferencia Mundial sobre Integridad en la Investigación, 2010).

Del mismo se siguió escrupulosamente el código de ética de IEEE el que rige el campo de la ingeniería, Advancing Technology for Humanity, ya que se parte de la idea de que las diferentes tecnologías afectan la calidad de vida de los seres humanos a nivel mundial. Los investigadores respetan los derechos de propiedad intelectual de terceros investigadores, por lo que no existe plagio de manera parcial mucho menos total de las investigaciones de terceros autores. El rigor científico caracteriza esta investigación porque se elaboró con una rigurosa secuencia de pasos hasta recabar e interpretar los datos por lo que hubo una revisión escrupulosa de los resultados alcanzados.

IV.- RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con agregado de viruta de acero al 3% y 5% obtenidos a los 28 días.

Tabla 35: Resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días

Tipo de concreto	Resistencia Promedio	Porcentaje promedio obtenido
Concreto patrón 210 kg / cm ²	218.15	103.88%
Concreto 210 kg / cm ² con adición de viruta de acero al 3%	226.30	107.76%
Concreto 210 kg / cm ² con adición de viruta de acero al 5%	233.16	111.03%

Fuente: Elaboración propia

El diseño de mezcla de concreto fue elaborado para una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, en la tabla anterior se puede ver que el concreto patrón a los 28 días alcanzó un valor de 218.15 kg / cm^2 , el concreto con agregado de 3% de viruta de acero alcanzó un valor de 226.30 kg / cm^2 y el concreto con agregado de 5% de viruta de acero alcanzó un valor de 233.16 kg / cm^2 . Por lo que, al agregar viruta de acero en un 3% y 5% con respecto al peso del cemento se observa un aumento en la resistencia a la compresión de 8.15 y 15.01 kg / cm^2 respectivamente comparado con la resistencia del concreto patrón, en términos porcentuales estos valores representan un crecimiento de la resistencia a la compresión de 3.73% y 6.88%.

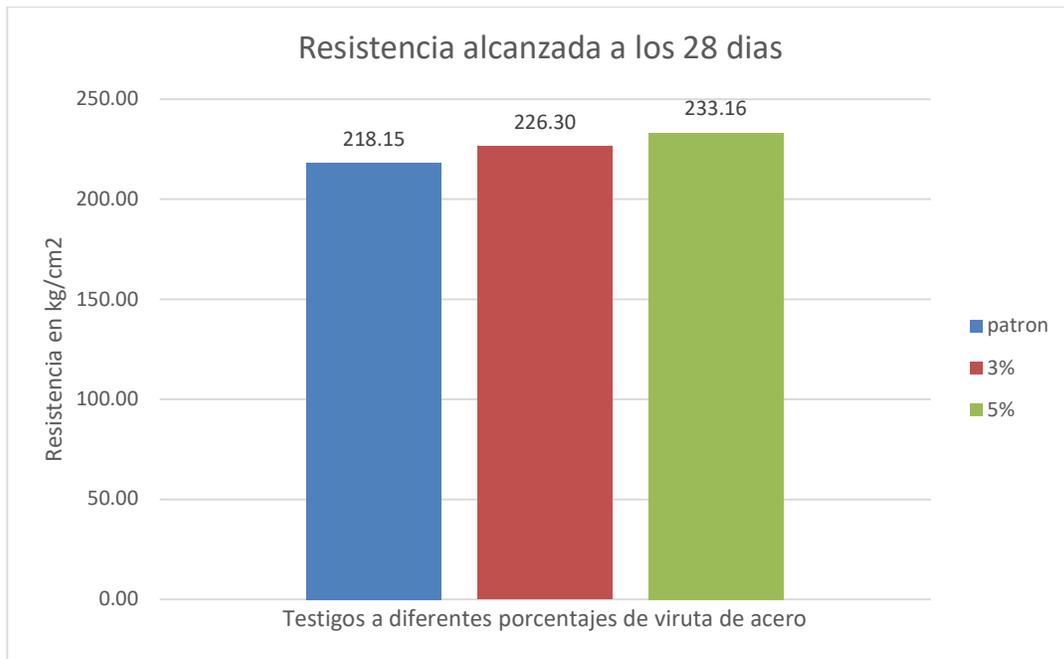


Figura 3: Resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 se observan gráficamente los resultados derivados de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con agregado de la viruta de acero al 3% y 5%, a los 28 días en donde se observa un aumento en la resistencia a la compresión para el caso de estos dos últimos respectivamente de 8.15 y 15.01 kg / cm² en referencia con el concreto patrón.

De esta manera se observa una influencia positiva de la viruta de acero en la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto experimental con referencia al concreto patrón.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de resistencia a la compresión del concreto patrón a los 07, 14 y 28 días.

Tabla 36: Resistencia a la compresión del concreto patrón en diferentes edades

Identificación	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga rotura (kg)	f'c (kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia máxima (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Porcentaje obtenido	Porcentaje promedio obtenido
Patrón - 01	28/06/2021	4/07/2021	7	26667.10	210	14.97	176.01	151.51	155.28	72.15%	73.94%
Patrón - 02				26459.21		14.95	175.77	150.53		71.68%	
Patrón - 03				28770.74		14.96	175.66	163.79		78.00%	
Patrón - 01	28/06/2021	11/07/2021	14	33144.47	210	14.91	174.60	189.83	188.84	90.40%	89.93%
Patrón - 02				33027.40		14.99	175.54	188.15		89.60%	
Patrón - 03				33142.01		14.93	175.77	188.55		89.79%	
Patrón - 01	28/06/2021	25/07/2021	28	38272.49	210	14.91	174.60	219.20	218.15	104.38%	103.88%
Patrón - 02				38365.50		14.99	175.54	218.56		104.08%	
Patrón - 03				38086.51		14.93	175.77	216.68		103.18%	

Fuente: Elaboración propia

El concreto fue elaborado para alcanzar una resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$, y la tabla anterior nos muestra que el concreto patrón a los 07 días logra una resistencia media de 155.28 kg / cm^2 , del mismo modo a los 14 días consigue una resistencia media de 188.84 kg / cm^2 y por último a los 28 días adquiere una resistencia media de 218.15 kg / cm^2 .

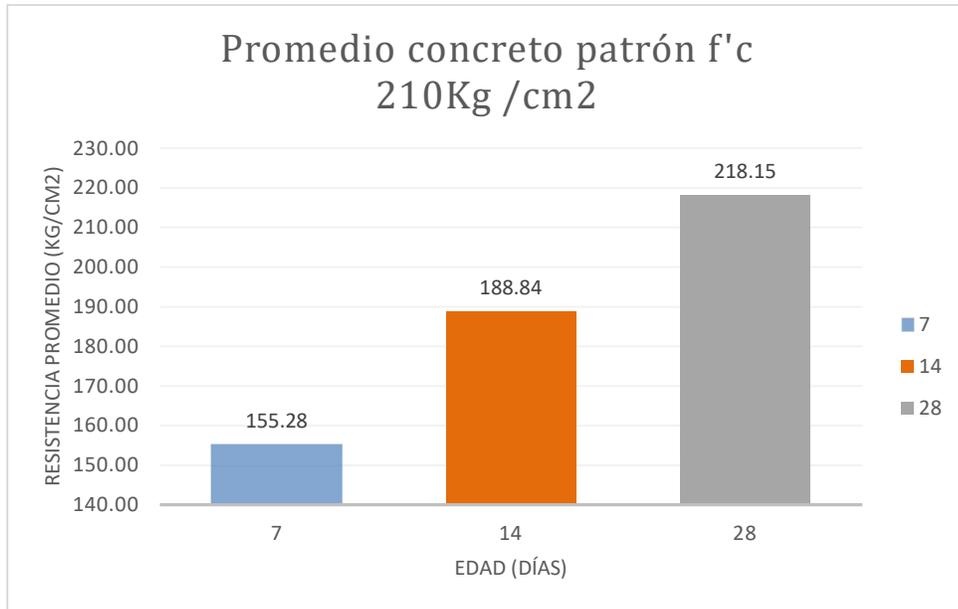


Figura 4: Resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

La figura 4 muestra la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón a los 07, 14 y 28 días de edad, en donde a los 28 días supera por 8.15 kg / cm² a la resistencia del diseño de mezcla. Estos valores en términos porcentuales comparados con la resistencia del diseño de mezcla representan el 73.94%, 89.93% y 103.88% en promedio respectivamente.

La siguiente tabla muestra los resultados hallados de resistencia a la compresión del concreto con agregado de viruta de acero del 3% con respecto al peso del cemento a los 07, 14 y 28 días.

Tabla 37: Resistencia a la compresión del concreto con 3% de viruta de acero en diferentes edades

Identificación	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga rotura (kg)	f'c (kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia máxima (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Porcentaje obtenido	Porcentaje promedio obtenido
Viruta 3% - 01	28/06/2021	4/07/2021	7	29507.37	210	14.99	176.48	167.20	167.30	79.62%	79.67%
Viruta 3% - 02				29347.38		14.94	175.89	166.85		79.45%	
Viruta 3% - 03				29446.24		14.95	175.42	167.86		79.93%	
Viruta 3% - 01	28/06/2021	11/07/2021	14	34940.39	210	14.98	176.24	198.25	198.78	94.40%	94.66%
Viruta 3% - 02				34723.61		14.98	176.24	197.02		93.82%	
Viruta 3% - 03				35415.50		14.97	176.13	201.08		95.75%	
Viruta 3% - 01	28/06/2021	25/07/2021	28	40242.61	210	14.99	176.48	228.03	226.30	108.59%	107.76%
Viruta 3% - 02				39704.25		14.97	176.24	225.28		107.28%	
Viruta 3% - 03				39705.84		14.97	176.01	225.59		107.42%	

Fuente: Elaboración propia

La mezcla de concreto fue elaborada para alcanzar una resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$, y la tabla anterior nos muestra que el concreto con 3% de viruta de acero a los 07 días logra una resistencia media de 167.30 kg / cm^2 , del mismo modo a los 14 días consigue una media de 198.78 kg / cm^2 y por último a los 28 días adquiere una resistencia media de 226.30 kg / cm^2 .

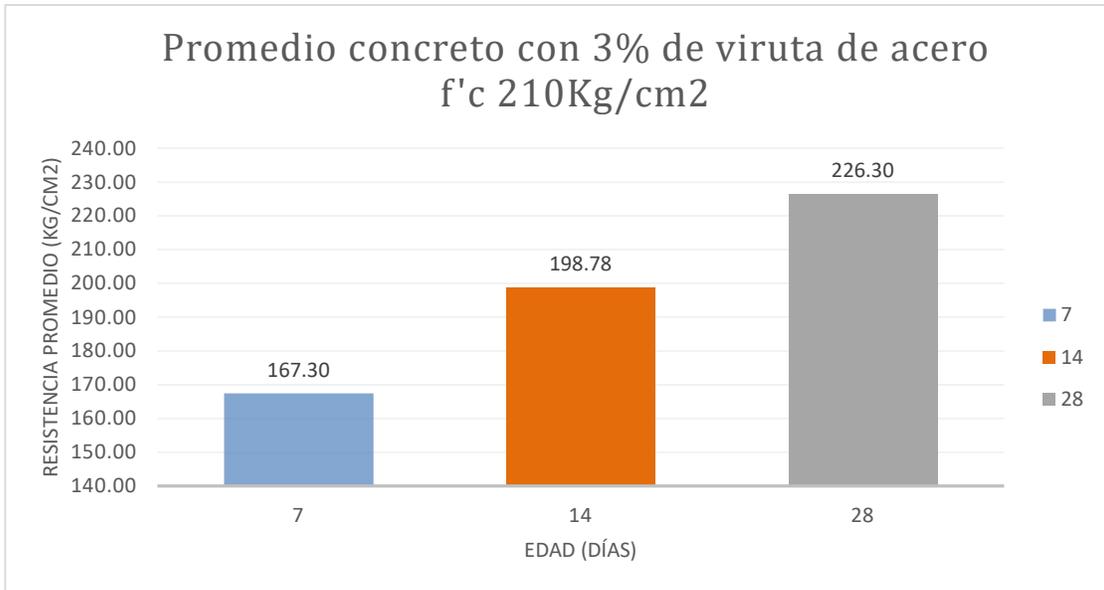


Figura 5: Resistencia a la compresión del concreto con 3% de viruta Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa la resistencia a la compresión adquirida por el concreto con 3% de viruta de acero a los 07,14 y 28 días de edad. Estos valores obtenidos en términos porcentuales al comparados con la resistencia del diseño de mezcla son 79.67%, 94.66% y 107.76% en promedio respectivamente.

La tabla 38 evidencia los resultados logrados de resistencia a la compresión del concreto con agregado de viruta de acero del 5% con respecto al peso del cemento a los 07, 14 y 28 días.

Tabla 38: Resistencia a la compresión del concreto con 5% de viruta de acero en diferentes edades

Identificación	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga rotura (kg)	f'c (kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia máxima (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Porcentaje	Porcentaje promedio
Viruta 5% - 01	28/06/2021	4/07/2021	7	30994.76	210	14.92	174.84	177.28	178.09	84.42%	84.81%
Viruta 5% - 02				30996.86		14.90	174.60	177.53		84.54%	
Viruta 5% - 03				31398.60		14.95	174.95	179.47		85.46%	
Viruta 5% - 01	28/06/2021	11/07/2021	14	36398.89	210	14.99	176.48	206.25	206.05	98.21%	98.12%
Viruta 5% - 02				36626.55		14.99	176.48	207.54		98.83%	
Viruta 5% - 03				36091.17		15.00	176.60	204.37		97.32%	
Viruta 5% - 01	28/06/2021	25/07/2021	28	41051.52	210	14.95	175.54	233.86	233.16	111.36%	111.03%
Viruta 5% - 02				40686.40		14.95	175.54	231.78		110.37%	
Viruta 5% - 03				41132.14		14.98	175.89	233.85		111.36%	

Fuente: Elaboración propia

La mezcla de concreto fue elaborada para lograr una resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$, y la tabla anterior nos muestra que el concreto patrón a los 07 días se alcanza una resistencia media de 178.09 kg / cm^2 , del mismo modo a los 14 días se alcanza una resistencia media de 206.05 kg / cm^2 y por último a los 28 días se alcanza una resistencia media de 233.16 kg / cm^2 .

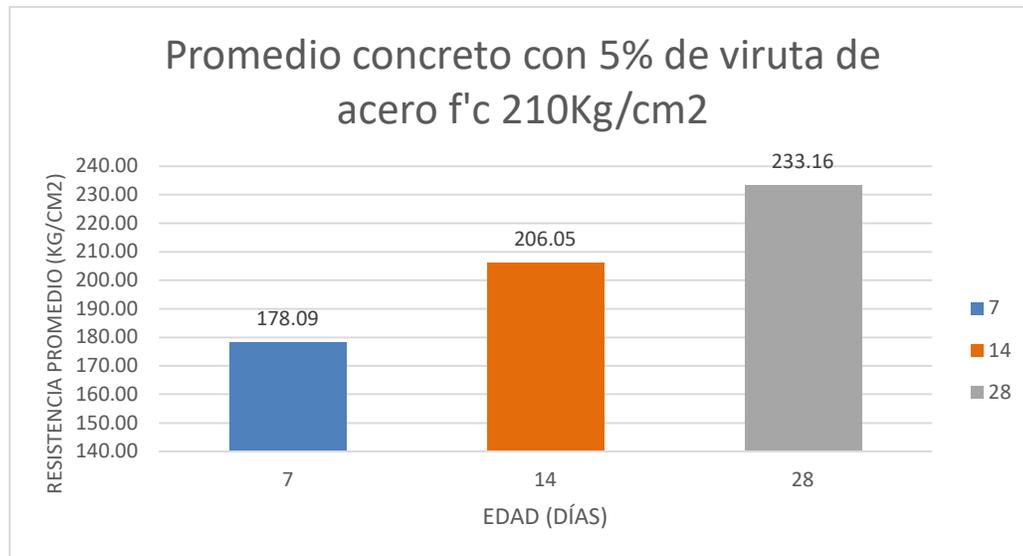


Figura 6: Resistencia a la compresión del concreto con 5% de viruta de acero
Fuente: Elaboración propia

La figura 6 muestra la resistencia a la compresión obtenida por el concreto con 5% de viruta de acero a los 07,14 y 28 días de edad. Estos valores obtenidos en términos porcentuales comparados con la resistencia del diseño de mezcla son 84.81%, 98.12% y 111.03% en promedio respectivamente.

En la tabla 39 se muestran el cotejo de resultados de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con agregado de viruta de acero al 3% y 5% obtenidos a los 7, 14 y 28 días de edad.

Tabla 39: Resistencia a la compresión alcanzada a los 7, 14 y 28 días

Tipo de concreto	Días de curado		
	7	14	28
Concreto patrón 210 kg / cm ²	155.28	188.84	218.15
Concreto 210 kg / cm ² con adición de viruta de acero al 3%	167.30	198.78	226.30

Concreto 210 kg / cm ² con adición de viruta de acero al 5%	178.09	206.05	233.16
--	--------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia

La mezcla de concreto fue elaborada para lograr una resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$, en la tabla anterior podemos observar que el concreto patrón a los 07 días alcanzó un valor de 155.28 kg / cm^2 , el concreto con agregado de 3% de viruta de acero alcanzó un valor de 167.30 kg / cm^2 y el concreto con agregado de 5% de viruta de acero alcanzó un valor de 178.09 kg / cm^2

A los 14 días el concreto patrón alcanzó un valor de 188.84 kg / cm^2 , el concreto con agregado de 3% de viruta de acero alcanzó un valor de 198.78 kg / cm^2 y el concreto con agregado de 5% de viruta de acero alcanzó un valor de 206.05 kg / cm^2 . Por último, la edad de 28 días el concreto patrón alcanzó un valor de 218.15 kg / cm^2 , el concreto con agregado de 3% de viruta de acero alcanzó un valor de 226.30 kg / cm^2 y el concreto con agregado de 5% de viruta de acero alcanzó un valor de 233.16 kg / cm^2

En la figura 7 se evidencia gráficamente el cotejo de los valores conseguidos de la resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con agregado de la viruta de acero al 3% y 5%, a los 07, 14 y 28 días.

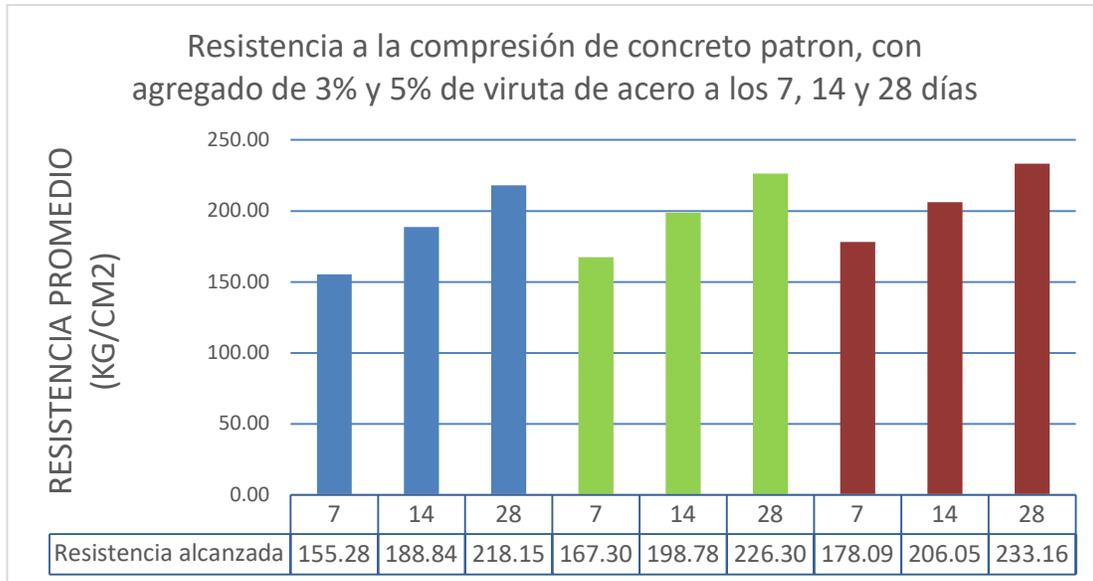


Figura 7: Comparación de la resistencia a la compresión en diferentes edades
Fuente: Elaboración propia

A los 07 días de edad se evidenció un acrecentamiento en la resistencia a la compresión de 12.02 y 22.81 kg / cm² en promedio para los testigos con agregado de viruta de acero de 3% y 5% en comparación con el concreto patrón de manera respectiva. A los 14 días se evidenció un incremento en la resistencia a la compresión de 9.94 y 17.21 kg / cm² en promedio para los testigos con agregado de viruta de acero de 3% y 5% en referencia con el concreto patrón respectivamente y por último a los 28 días se halló un acrecentamiento en la resistencia a la compresión de 8.15 en promedio para los testigos con agregado de viruta de acero de 3% y 15.01 kg / cm² en promedio para los testigos con agregado de viruta de acero de 5% en comparación con el concreto patrón.

V.- DISCUSIÓN

En relación con los ensayos realizados durante la investigación fueron realizados con un diseño de mezcla para lograr una fuerza de compresión $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ y con un agregado de viruta de acero de 3% y 5% con respecto al peso del cemento, según la tabla 35 a los 28 días de edad la resistencia a la compresión del concreto patrón obtuvo un valor de 218.15 kg / cm^2 , el concreto con agregado de 3% de viruta de acero alcanzó un valor de 226.30 kg / cm^2 y el concreto con agregado de 5% de viruta de acero alcanzó un valor de 233.16 kg / cm^2 y se observa claramente un acrecentamiento en la resistencia a la compresión de 8.15 y 15.01 kg / cm^2 respectivamente con referencia al concreto patrón, por lo que se evidencia una influencia positiva de la viruta de acero en una de las características principales del concreto endurecido como lo es la resistencia a la compresión, estos resultados conseguidos concuerdan con Gao et al. (2021) que indica que la resistencia a la compresión del concreto aumentó significativamente con el incremento de la fracción de volumen de fibra de acero y que los efectos de este fortalecimiento en el concreto a causa de la fibra de acero se encuentran por encima al de otras fibras como la de polipropileno y de basalto.

En el mismo sentido Gao y Wang (2021) quienes elaboraron una investigación que incluía agregar fibra de acero en los diseños de mezcla experimentales para optimizar la resistencia a la compresión del concreto, concuerdan con los resultados conseguidos en la presente investigación, ya que los investigadores llegaron a la conclusión de que la resistencia a la compresión y la resistencia a la tensión incrementan significativamente con respecto a aquellas pruebas a las que no se le

agregaron la fibra de acero, sin embargo la evaluación de la resistencia a la tensión no está contemplada en el alcance de la presente investigación.

Según la tabla 36 se observa que el concreto patrón a los 07 días logra una resistencia promedio de 155.28 kg / cm^2 , del mismo modo a los 14 días adquiere una resistencia promedio de 188.84 kg / cm^2 y por último a los 28 días se obtiene una resistencia promedio de 218.15 kg / cm^2 , cabe resaltar que este último valor supera en 8.15 kg / cm^2 al diseño de mezcla, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Rafael y Reynal (2020), ya que los resultados de resistencia a la compresión del concreto sin fibras de acero que obtuvieron son ligeramente menores a los obtenidos en la presente investigación, a los 07 días obtuvieron un resultado de 155.22 kg / cm^2 un valor sutilmente por debajo en 0.06 kg / cm^2 , a los 14 días hubo una diferencia más amplia porque obtuvieron 175.71 kg / cm^2 este resultado se encuentra por debajo en 13.13 kg / cm^2 y por último a los 28 días alcanzaron un resultado de 213.57 kg / cm^2 reduciéndose la diferencia a solo 4.58 kg / cm^2 .

Según la tabla 37 se observan los resultados conseguidos a los 07, 14 y 28 días de edad, en donde a los 07 días logra una resistencia promedio de 167.30 kg / cm^2 , del mismo modo a los 14 días adquiere un promedio de 198.78 kg / cm^2 y por último a los 28 días adquiere una resistencia promedio de 226.30 kg / cm^2 , estos resultados concuerdan con los obtenidos por Riveros y Vilca, (2021), ya que estos investigadores adicionaron viruta de acero fundido en un porcentaje de 3% como sustitución parcial del agregado fino, cantidad que es superior y obtuvieron los siguientes resultados que se encuentran muy por encima a los obtenidos en la

presente investigación, a la edad de 07 días la resistencia a la compresión en promedio fue de 171.67 kg / cm² con una diferencia de 4.37 kg / cm², a los 14 días obtuvieron un valor de 227 kg / cm² con una diferencia mayor de 28.22 kg / cm² y por ultimo a los 28 días de edad llegaron a 281.33 kg / cm² con una diferencia mucho más amplia de 55.03 kg / cm².

Según la tabla 38 se observan los resultados conseguidos a los 07, 14 y 28 días de edad, en donde a los 07 días logra una resistencia promedio de 178.09 kg / cm², del mismo modo a los 14 días consigue un promedio de 206.05 kg / cm² y por último a los 28 días adquiere una resistencia promedio de 233.16 kg / cm², estos resultados concuerdan con los obtenidos por Riveros y Vilca, (2021), ya que estos investigadores adicionaron viruta de acero fundido en un porcentaje de 6% como reemplazo parcial del agregado fino, esta cantidad es superior y obtuvieron resultados que se encuentran muy por encima a los obtenidos en la presente investigación, a los 07 días la resistencia a la compresión en promedio fue de 199.00 kg / cm² con una diferencia de 20.91 kg / cm², del mismo modo a los 14 días obtuvieron un valor de 255.33 kg / cm² con una diferencia mayor de 49.28 kg / cm² y a los 28 días de edad llegaron a 297.33 kg / cm² con una diferencia mucho más amplia de 64.17 kg / cm².

Según la tabla 39 a los 07 días el concreto patrón alcanzó un valor de 155.28 kg / cm², el concreto con agregado de viruta de acero de 3% y 5 % adquirió una resistencia de 167.30 kg / cm² y 178.09 kg / cm² de manera respectiva. Estos resultados en términos porcentuales con referencia al diseño de mezcla son 73.94%, 79.66% y 84.8% de manera respectiva. Del mismo modo a los 14 días el

concreto patrón alcanzó un valor de 188.84 kg / cm^2 , el concreto con agregado de viruta de acero de 3% y 5 % adquirió una resistencia de 198.78 kg / cm^2 y 206.05 kg / cm^2 de manera respectiva. Estos resultados en términos porcentuales con referencia al diseño de mezcla son 89.92%, 94.65% y 98.11% de manera respectiva; Los resultados anteriormente mencionados difieren de los obtenidos por Alfaro y Cuadra (2020), ya que estos investigadores utilizaron el diseño de mezcla para una fuerza de compresión de 175 kg / cm^2 , pero con un porcentaje de viruta de acero que reemplazó el agregado fino en 3.5% y 5%, sin embargo los resultados que obtuvieron en todas sus evaluaciones son muy superiores a los encontrados en la presente investigación, a los 07 días el concreto patrón alcanzó un valor de 177.00 kg / cm^2 , el concreto con agregado de viruta de acero de 3.5% y 5 % consiguió una resistencia de 222.00 kg / cm^2 y 224.00 kg / cm^2 de manera respectiva. Estos resultados en términos porcentuales con referencia al diseño de mezcla son 101.14%, 126.85% y 128.00% de manera respectiva. Del mismo modo a los 14 días el concreto patrón alcanzó un valor de 226.00 kg / cm^2 , el concreto con agregado de viruta de acero de 3.5% y 5 % logró una resistencia de 274.00 kg / cm^2 y 264.00 kg / cm^2 de manera respectiva. Estos resultados en términos de porcentajes con referencia al diseño de mezcla son 129.14%, 156.57% y 150.85% de manera respectiva

VI.- CONCLUSIONES

1. Se comprobó la influencia de las concentraciones de viruta de acero que ocasiona en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$, para lo cual se fabricó un diseño de mezclas de concreto para alcanzar una resistencia a la compresión anteriormente mencionada por el método ACI 211, a la que se le agregó un 3% y 5% de viruta de acero, de estos resultados conseguidos se concluyó que a la edad de 28 días se observa una influencia positiva en la resistencia a la compresión habiendo un incremento de 8.15 kg / cm^2 y 15.01 kg / cm^2 en contrastación con el concreto patrón, estos resultados optimizan la resistencia a la compresión en un 3.73% y 6.88% de manera respectiva.
2. Se determinó la resistencia a la compresión que alcanzó el concreto de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ patrón, para ello se elaboraron 9 testigos patrones en total y se llevaron al laboratorio en grupos de 3 a los 07, 14 y 28 días, de esta manera se determinó las resistencias promedio y obtuvo los siguientes resultados esperados 155.28 kg / cm^2 , 188.84 kg / cm^2 y 218.15 kg / cm^2 de manera respectiva.
3. Se halló la resistencia a la compresión que alcanzó el concreto de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ con adición de 3% de viruta de acero con respecto al peso del cemento, ello se elaboró un total de 9 testigos con este porcentaje y se llevaron al laboratorio en grupos de 3 a los 07, 14 y 28 días, obteniendo respectivamente las resistencias a la compresión promedio de 167.30 kg / cm^2 , 198.78 kg / cm^2 y 226.30 kg / cm^2 de estos resultados con respecto al testigo patrón se concluye que la adición de 3% de viruta de acero mejoran la resistencia a la compresión en un 7.7%, 5.3% y 3.7% respectivamente.

4. Se determinó la resistencia a la compresión que alcanzó el concreto de $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$ con adición de 5% de viruta de acero con respecto al peso del cemento, para lo cual se elaboró un total de 9 testigos y se llevaron al laboratorio en grupos de 3 a los 07, 14 y 28 días, obteniendo respectivamente como resultado las resistencias a la compresión promedio de 178.09 kg / cm^2 , 206.05 kg / cm^2 y 233.16 kg / cm^2 de estos resultados se concluye que con respecto al testigo patrón la adición de 5% de viruta de acero mejoran la resistencia a la compresión en un 14.6%, 9.1% y 6.9% respectivamente.

5. Se efectuó la comparación de resistencias del concreto con adición de 3% y 5% de viruta de acero con respecto al testigo patrón, de los resultados conseguidos se concluyó que la resistencia alcanzada a los 07 y 14 días de edad la adición de 3% de viruta de acero incrementa en 7.7% y 5.3%, del mismo modo la adición de 5% de viruta de acero incrementa en 14.6% y 9.1% en esas edades respectivamente, cabe señalar que este último porcentaje fue el que mayor resistencia obtuvo.

VII.- RECOMENDACIONES

- Para obtener resultados correctos es muy importante tener en cuenta la calidad de los materiales y que los equipos utilizados deben estar calibrados correctamente.
- En la manipulación de la viruta de acero se recomienda hacerlo con equipo de protección adecuado como la mascarilla, lentes de seguridad y guantes ya que existen partículas pequeñas de acero que pueden causar problemas de salud.
- Los testigos de concreto al ser quitados del molde cilíndrico deben ser sumergidos en recipientes con agua potable hasta que cubran completamente la parte superior y de esta manera evitar fisuras que puedan llevar a resultados erróneos.
- La viruta de acero por tratarse de un desperdicio de metales por cortes o fricción contiene una capa de grasa en su exterior por lo que se recomienda un correcto lavado para eliminarlo, de lo contrario podría afectar la resistencia a la compresión de los testigos de concreto.

REFERENCIAS

- 2A CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE INTEGRIDAD EN LA INVESTIGACIÓN, 2010. *Declaración de Singapur sobre la integridad en la investigación* [en línea]. 2010. S.l.: s.n. [Consulta: 28 julio 2021]. Disponible en: <https://www.conicyt.cl/fondap/files/2014/12/DECLARACI%C3%93N-SINGAPUR.pdf>.
- AKBAR, A. y LIEW, K.M., 2021. Multicriteria performance evaluation of fiber-reinforced cement composites: An environmental perspective. *Composites Part B: Engineering*, vol. 218, pp. 108937. ISSN 1359-8368. DOI 10.1016/j.compositesb.2021.108937.
- ALFARO HONORIO, S.P. y CUADRA LEZAMA, E.V., 2020. *Adición de viruta de acero y agregados de la cantera Milagro en el mejoramiento de las características mecánicas del concreto, Trujillo 2020* [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58077>.
- ALQAHTANI, F.K., GHATAORA, G., KHAN, M.I. y DIRAR, S., 2017. Novel lightweight concrete containing manufactured plastic aggregate. *Construction and Building Materials*, vol. 148, pp. 386-397. ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2017.05.011.
- ALWAEELI, M., GOŁASZEWSKI, J., NIESLER, M., PIZOŃ, J. y GOŁASZEWSKA, M., 2020. Recycle option for metallurgical sludge waste as a partial replacement for natural sand in mortars containing CSA cement to save the environment and natural resources. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 398, pp. 123101. ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.123101.
- ALWESABI, E.A.H., BAKAR, B.H.A., ALSHAIKH, I.M.H., ZEYAD, A.M., ALTHEEB, A. y ALGHAMDI, H., 2021. Experimental investigation on fracture characteristics of plain and rubberized concrete containing hybrid steel-polypropylene fiber. *Structures*, vol. 33, pp. 4421-4432. ISSN 2352-0124. DOI 10.1016/j.istruc.2021.07.011.
- ARUN, A., CHEKRAVARTY, D. y MURALI, K., 2021. Comparative analysis on natural and recycled coarse aggregate concrete. *Materials Today: Proceedings* [en línea], [Consulta: 1 agosto 2021]. ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/j.matpr.2021.04.352. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321032727>.
- CABRERA, M.I., 2018. Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos celulares en la industria de la construcción ecuatoriana, clasificados por sectores: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud y educación. *INGENIO*, vol. 1, no. 1, pp. 15-30.

- CHINNU, S.N., MINNU, S.N., BAHURUDEEN, A. y SENTHILKUMAR, R., 2021. Recycling of industrial and agricultural wastes as alternative coarse aggregates: A step towards cleaner production of concrete. *Construction and Building Materials*, vol. 287, pp. 123056. ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2021.123056.
- DÍAZ HERRERA, C.A. y MOGOLLON PEÑARANDA, B.M., 2020. *Influencia de la viruta de acero al carbón en las propiedades mecánicas del concreto de 3000 PSI al incorporarlo como adición* [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad de Cartagena. [Consulta: 1 julio 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11227/10175>.
- FU, Q., YAN, L., THIELKER, N.A. y KASAL, B., 2021. Effects of concrete type, concrete surface conditions and wood species on interfacial properties of adhesively-bonded timber – Concrete composite joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 107, pp. 102859. ISSN 0143-7496. DOI 10.1016/j.ijadhadh.2021.102859.
- GAO, D., GU, Z., PANG, Y. y YANG, L., 2021. Mechanical properties of recycled fine aggregate concrete incorporating different types of fibers. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 298. ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2021.123732. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821014926>.
- GAO, D. y WANG, F., 2021. Effects of recycled fine aggregate and steel fiber on compressive and splitting tensile properties of concrete. *Journal of Building Engineering*, vol. 44, pp. 102631. ISSN 2352-7102. DOI 10.1016/j.jobbe.2021.102631.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P., 2014. *Metodología de la investigación*. Sexta. México: Mc Graw Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- JI, W.-M., ZHANG, L.-W. y LIEW, K.M., 2021. Understanding interfacial interaction characteristics of carbon nitride reinforced epoxy composites from atomistic insights. *Carbon*, vol. 171, pp. 45-54. ISSN 0008-6223. DOI 10.1016/j.carbon.2020.08.067.
- LEÓN CONSUEGRA, L. y HERNÁNDEZ PUENTES, M., 2016. Comparación de los valores de resistencia a compresión del hormigón a la edad de 7 y 28 días. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 10, no. 1, pp. 1-9. ISSN 1990-8830.
- LEUNG, C.K.Y., 2001. Concrete as a Building Material. En: K.H.J. BUSCHOW, R.W. CAHN, M.C. FLEMINGS, B. ILSCHNER, E.J. KRAMER, S. MAHAJAN y P. VEYSSIÈRE (eds.), *Encyclopedia of Materials: Science and Technology* [en línea]. Oxford: Elsevier, pp. 1471-1479. [Consulta: 8 julio 2021]. ISBN 978-0-08-043152-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0080431526002679>.

- LI, G., YUAN, J.B., ZHANG, Y.H., ZHANG, N. y LIEW, K.M., 2018. Microstructure and mechanical performance of graphene reinforced cementitious composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 114, pp. 188-195. ISSN 1359-835X. DOI 10.1016/j.compositesa.2018.08.026.
- MOLINA GÓMEZ, F.A., CAMACHO TAUTA, J.F. y REYES ORTIZ, O.J., 2016. Stiffness of a granular base under optimum and saturated water contents. *Tecnura*, vol. 20, no. 49, pp. 75-85. ISSN 0123-921X. Redalyc
- MORLES, V., 2011. Guía para la elaboración y evaluación de proyectos de investigación. *Revista de pedagogía*, vol. 32, no. 91, pp. 131-146. ISSN 0798-9792.
- PALACIO LEÓN, Ó., CHÁVEZ PORRAS, Á. y VELÁSQUEZ CASTIBLANCO, Y.L., 2017. Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados. *Tecnura*, vol. 21, no. 53, pp. 96-106. ISSN 0123-921X. Redalyc
- PAREDES CHÉRREZ, L.A., REYES ORTIZ, Ó.J. y CAMACHO TAUTA, J.F., 2014. Comportamiento de mezclas asfálticas densas a partir del ensayo de viga semicircular simplemente apoyada. *Tecnura*, vol. 18, no. 41, pp. 103-119. ISSN 0123-921X. Redalyc
- RAFAEL SAAVEDRA, B.A. y REYNAL BENITES, A.J., 2020. *Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm², trujillo 2020*. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada del Norte. [Consulta: 6 julio 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/26571>.
- RIVEROS MAITA, G. y VILCA CANCHAPOMA, J.J., 2021. *Propuesta de diseño de las propiedades mecánicas del concreto con adición de viruta de acero fundido en reemplazo parcial del agregado fino* [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/655018>.
- SAIDANI, M., SARAIHEH, D. y GERGES, M., 2016. Behaviour of different types of fibre reinforced concrete without admixture. *Engineering Structures*, vol. 113, pp. 328-334. ISSN 0141-0296. DOI 10.1016/j.engstruct.2016.01.041.
- SILVA VERA, P.A., 2016. *Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono* [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad San Francisco de Quito. [Consulta: 28 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5412>.
- TAMAYO Y TAMAYO, M., 2003. *El proceso de la investigación científica*. Cuarta. México: Limusa S.A. ISBN 968-18-5872-7.

- TYAGI, A., XIAO, H., CHIN, K.-G. y LEE, F.-H., 2019. Model for predicting the unit weight of cement-treated soils. *Soils and Foundations*, vol. 59, no. 6, pp. 1921-1932. ISSN 0038-0806. DOI 10.1016/j.sandf.2019.09.002.
- VALDERRAMA, S., 2013. *Pasos para la elaboración de proyectos de investigación científica*. Segunda. Perú: San Marcos. ISBN 978-612-302-878-7.
- VALENCIA RODRÍGUEZ, O. y FORERO PÁEZ, Y., 2019. Caracterización y uso de los residuos sólidos generados por empresas del sector metalmeccánico en la ciudad de Manizales. *Luna Azul*, no. 48, pp. 90-108. ISSN 1909-2474. DOI 10.17151/luaz.2019.48.5.
- VANDHIYAN, R., VIJAY, T.J. y MANOJ KUMAR, M., 2021. Effect of Fine Aggregate Properties on Cement Mortar Strength. *International Conference on Newer Trends and Innovation in Mechanical Engineering: Materials Science*, vol. 37, pp. 2019-2026. ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/j.matpr.2020.07.498.
- ZAKI, R.A., ABDELALHEEM, B.H., HASSAN, A.A.A. y COLBOURNE, B., 2021. Impact resistance of steel fiber reinforced concrete in cold temperatures. *Cement and Concrete Composites*, vol. 122, pp. 104116. ISSN 0958-9465. DOI 10.1016/j.cemconcomp.2021.104116.

ANEXOS

ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autores)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, CORDERO HUAMANI, YURI estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO sede CALLAO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulado:

"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 AGREGADO DE VIRUTA DE ACERO RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el trabajo de tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CALLAO, 28 de AGOSTO de 2021

Apellidos y Nombre del Autor:	Firma
CORDERO HUAMANI, YURI DNI: 47995403 ORCID: 0000-0002-9058-3638	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, PALOMINO CÁCERES, JOE estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO sede CALLAO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulado:

"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'_{C}=210$ KG/CM² AGREGADO DE VIRUTA DE ACERO RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el trabajo de tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CALLAO, 28 de AGOSTO de 2021

Apellidos y Nombre del Autor:	Firma
PALOMINO CÁCERES, JOE DNI: 70148775 ORCID: 0000-0002-2258-142X	

ANEXO 2: Declaratoria de autenticidad (asesor)

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA, docente de la Facultad de ingeniería y arquitectura y Escuela Profesional profesional de ingeniería civil de la Universidad César Vallejo Sede Callao, revisor (a) del trabajo de investigación/tesis titulada "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210$ KG/CM² AGREGADO DE VIRUTA DE ACERO RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO", del estudiante CORDERO HUAMANI, YURI y PALOMINO CACERES, JOE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Callao, 21 de agosto del 2021



DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO
ING. CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros CP N° 207587

Firma

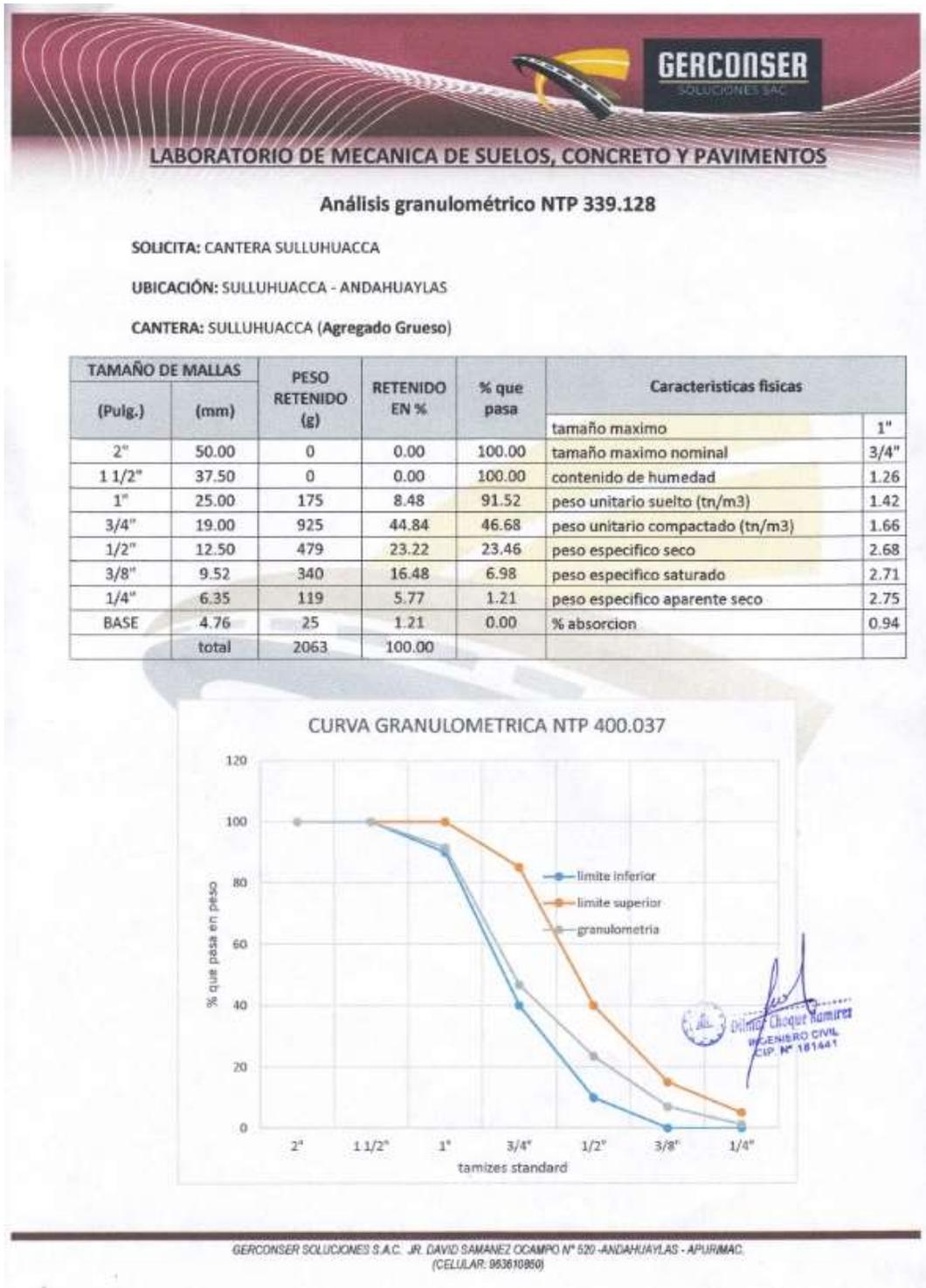
De La Cruz Vega Sleyther Arturo

DNI: 70407573

ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión: Se define como el esfuerzo máximo que el concreto muestra a la fuerza de compresión sin quebrarse, es también conocido como la capacidad que tiene el concreto para resistir una carga máxima por unidad de área y se entiende como una propiedad mecánica del concreto (Silva, 2016, p. 4).	Para medir las características del concreto como su fluidez y resistencia se hacen ensayos de Slump y prueba de resistencia a la compresión respectivamente.	Propiedades del concreto en estado fresco	Asentamiento del concreto	Longitud
			Propiedades del concreto en estado solido	Resistencia a la Compresión	kg / cm ²
Viruta de acero	Viruta de acero: Son residuos de que se generan cuando una maquinaria (Tornos, fresadoras, cortadoras, etc.) trabaja en la elaboración de piezas elaboradas de acero como tuberías, tornillos, tuercas y muchos similares (Díaz y Mogollon , 2020, p. 16).	La viruta de acero se medirá por su porcentaje de peso con respecto al cemento agregado y la forma en la que se obtuvo.	Dosificación	3%	Gr.
				5%	
			Obtención de la viruta	Método de fresado	Longitud

ANEXO 4: Fichas de laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

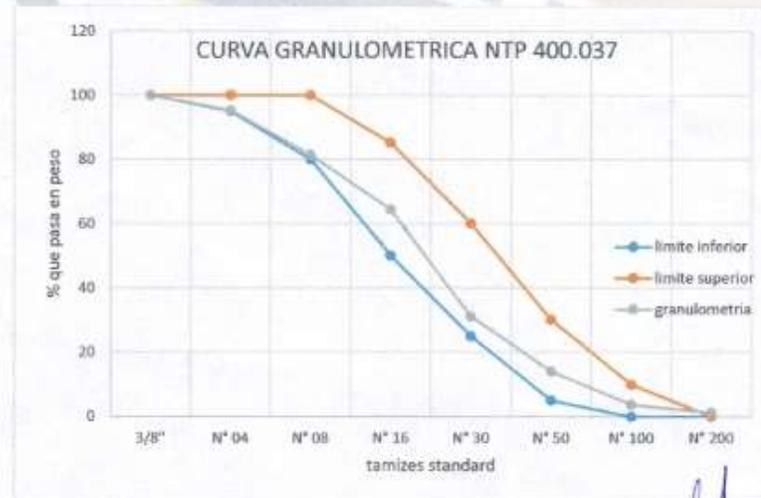
Análisis granulométrico NTP 339.128

SOLICITA: CANTERA SULLUHUACCA

UBICACIÓN: SULLUHUACCA - ANDAHUAYLAS

CANTERA: SULLUHUACCA (Agregado Fino)

TAMAÑO DE MALLAS		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO EN %	% que pasa	Características físicas	
(Pulg.)	(mm)					
3/8"	9.52	0	0.00	100.00	Modulo de fineza	3.10
N° 04	4.76	90.52	4.76	95.24	contenido de humedad	6.68
N° 08	2.36	263.45	13.86	81.38	peso unitario suelto (tn/m3)	1.65
N° 16	1.18	325.39	17.12	64.27	peso unitario compactado (tn/m3)	1.77
N° 30	0.59	630.72	33.18	31.09	peso especifico seco	1.69
N° 50	0.3	325.38	17.11	13.98	peso especifico saturado	1.74
N° 100	0.15	195.19	10.27	3.71	peso especifico aparente, seco	1.69
N° 200	0.07	46.54	2.45	1.26	% absorcion	2.78
BASE	0.1	23.98	1.26	0.00	% que pasa la malla N° 200 (menor a 0.5%)	1.26
	total	1901.17	100.00			



David Choque Samanez
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 181441

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS


Contenido de Humedad Natural, Norma MTC 108-2000

SOLICITA: CANTERA SULLUHUACCA

UBICACIÓN: SULLUHUACCA - ANDAHUAYLAS

CANTERA: SULLUHUACCA (Agregado)

Agregado muestra	agregado fino		agregado grueso	
	A-1	A-2	B-1	B-2
peso de capsula (g)	99.00	99.00	99.00	99.00
peso de capsula mas suelo humedo(g)	658.00	734.84	501.00	511.10
peso de capsula mas suelo seco (g)	623.00	695.00	496.00	506.00
peso del suelo humedo (g)	559.00	635.84	402.00	412.10
peso del suelo seco (g)	524.00	596.00	397.00	407.00
peso del agua (g)	35.00	39.84	5.00	5.10
contenido de humedad (w)	6.68%	6.68%	1.26%	1.25%
promedio contenido de humedad %	6.68%		1.26%	



[Firma]
DAVID SAMANEZ OCAMPO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. YF. 181441



ENSAYO COMPRESION DE ROTURAS DE PROBETAS F'c 210 Kg/cm2

SOLICITA: CANTERA SULLUHUACCA

UBICACIÓN: SULLUHUACCA - ANDAHUAYLAS

CANTERA: SULLUHUACCA (Agregado)

IDENTIFICACION	EDAD (Días)	CARGA ROTURA (kg)	f'c (kg/cm2)	diametro (cm)	Area (cm2)	resistencia maxima (kg/cm2)	Resistencia Promedio (kg/cm2)	% obtenido	% promedio obtenido
PATRON	7	26667.10	210	14.97	176.01	151.51	155.28	72.15%	73.94%
		26459.21		14.95	175.77	150.53		71.68%	
		28770.74		14.96	175.66	163.79		78.00%	
	14	33144.47	210	14.91	174.60	189.83	188.84	90.40%	89.93%
		33027.40		14.99	175.54	188.15		89.60%	
		33142.01		14.93	175.77	188.55		89.79%	
	28	38272.49	210	14.91	174.60	219.20	218.15	104.38%	103.88%
		38365.50		14.99	175.54	218.56		104.08%	
		38086.51		14.93	175.77	216.68		103.18%	
VIRUTA 3%	7	29507.37	210	14.99	176.48	167.20	167.30	79.62%	79.67%
		29347.38		14.94	175.89	166.85		79.45%	
		29446.24		14.95	175.42	167.86		79.93%	
	14	34940.39	210	14.98	176.24	198.25	198.78	94.40%	94.66%
		34723.61		14.98	176.24	197.02		93.82%	
		35415.50		14.97	176.13	201.08		95.75%	
	28	40242.61	210	14.99	176.48	228.03	226.30	108.59%	107.76%
		39704.25		14.97	176.24	225.28		107.28%	
		39705.84		14.97	176.01	225.59		107.42%	
VIRUTA 5%	7	30994.76	210	14.92	174.84	177.28	178.09	84.42%	84.81%
		30996.86		14.90	174.60	177.53		84.54%	
		31398.60		14.95	174.95	179.47		85.46%	
	14	36398.89	210	14.99	176.48	206.25	206.05	98.21%	98.12%
		36626.55		14.99	176.48	207.54		98.83%	
		36091.17		15.00	176.60	204.37		97.32%	
	28	41051.52	210	14.95	175.54	233.86	233.16	111.36%	111.03%
		40686.40		14.95	175.54	231.78		110.37%	
		41132.14		14.98	175.89	233.85		111.36%	

Dilmar Choque Ramirez
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 181441

ANEXO 5: Ficha técnica cemento Sol Portland tipo I




FICHA TÉCNICA /

CEMENTO SOL

DESCRIPCIÓN:

- Es un cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de clínker y yeso.



PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS /

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
Resistencia a la compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	310	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	377	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	438	Mínimo 285*
Tiempo de fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
Composición química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
Fases mineralógicas			
C ₂ S	%	11.9	No específica
C ₃ S	%	54.2	No específica
C ₃ A	%	10.1	No específica
C ₄ AF	%	9.7	No específica

*Requisito opcional

ANEXO 6: Panel Fotográfico

Fotografía 1: Cemento Sol Portland Tipo I



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 2: Agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3: Agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 4: Viruta de Acero y tijeras para corte de metal



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 5: Balanza Electrónica



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6: Cono de Abrams



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 7: Probetas de concreto y aceite como lubricante



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 8: Badilejo



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 9: Pala para la mezcla de los agregados.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 10: Guantes de protección



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 11: Regla de aluminio en cm y pulgadas



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 12: Curado de los testigos de concreto



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 13: Testigos de concreto fuera del agua listos para su traslado



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 14: Traslado de los testigos de concreto al laboratorio



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 15: Colocación de las muestras patrón



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 16: Colocación de las muestras con agregado de viruta



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 17: Probetas cilíndricas con diversas fallas



Fuente: Elaboración propia