

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS  
PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL  
CONCRETO  $F'C=280$  KG/CM<sup>2</sup> CON ADICIÓN  
DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO,  
LIMA 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Brandon Manuel Hinostroza Baldeon

**Asesor:**

Ing. Neicer Campos Vasquez  
<https://orcid.org/0000-0003-1508-6575>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>ING. JOSE LUIS NEYRA TORRES</b>	<b>CIP 60538</b>
	Nombre y Apellidos	Nº CIP

Jurado 2	<b>ING. RUBEN KEVIN MANTURANO CHIPANA</b>	<b>CIP 167912</b>
	Nombre y Apellidos	Nº CIP

Jurado 3	<b>ING. EDMUNDO VERAU MIRANDA</b>	<b>CIP 116086</b>
	Nombre y Apellidos	Nº CIP

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, en especial a mi madre, pues sin ella no lo hubiera logrado, la bendición de ella a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien, también a mi hermano que me ha apoyado en esta etapa universitaria.

Los quiero.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia que me apoya en la universidad y también a todos mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto que me encuentro, ya que han compartido sus conocimientos conmigo.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Número de probetas a realizar.....	33
Tabla 2	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
Tabla 3	Granulometría del agregado fino.....	38
Tabla 4	Granulometría del agregado grueso .....	38
Tabla 5	Resultados de los ensayos de laboratorio realizados a los agregados.....	39
Tabla 6	Resistencia promedio .....	39
Tabla 7	Asentamientos recomendados .....	40
Tabla 8	Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.....	40
Tabla 9	Relación agua/cemento .....	41
Tabla 10	Contenido de aire atrapado.....	42
Tabla 11	Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto .....	42
Tabla 12	Proporciones en peso de los materiales del concreto patrón de estudio.....	45
Tabla 13	Dosificación Patrón.....	45
Tabla 14	Dosificación con 3% de virutas de acero .....	45
Tabla 15	Dosificación con 6% de virutas de acero .....	46
Tabla 16	Dosificación con 9% de virutas de acero .....	46
Tabla 17	Tolerancias en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.....	55
Tabla 18	Resultados promedio del ensayo a compresión a los 7 días.....	55
Tabla 19	Resultados promedio del ensayo a compresión a los 14 días.....	56
Tabla 20	Resultados promedio del ensayo a compresión a los 28 días.....	57
Tabla 21	Resultados del ensayo a flexión a los 28 días .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Virutas de acero .....	20
Figura 2	Concreto en estado fresco .....	21
Figura 3	Ensayo del cono de Abrams.....	23
Figura 4	Concreto con bajo asentamiento o slump .....	23
Figura 5	Ensayo de resistencia a la compresión de un cilindro de concreto .....	25
Figura 6	Ensayo de resistencia a la flexión de una viga de concreto .....	26
Figura 7	Relación a/c y duración del curado sobre la permeabilidad del mortero.....	27
Figura 8	Curva esfuerzo-deformación.....	28
Figura 9	Diagrama del procedimiento de desarrollo de la etapa experimental .....	34
Figura 10	Ubicación de la zona de estudio.....	36
Figura 11	Peso de cantidades de materiales para elaboración del concreto .....	47
Figura 12	Preparación de las virutas de acero para elaboración del concreto con adición .....	47
Figura 13	Elaboración del concreto.....	48
Figura 14	Limpieza de los moldes para las probetas cilíndricas .....	48
Figura 15	Medición del asentamiento del concreto .....	49
Figura 16	Preparación de las probetas cilíndricas .....	49
Figura 17	Probetas cilíndricas .....	50
Figura 18	Preparación de los moldes para las probetas tipo viga .....	50
Figura 19	Probetas tipo viga.....	51
Figura 20	Probetas desmoldadas .....	51
Figura 21	Curado de las probetas .....	52
Figura 22	Ensayo de resistencia a la compresión en las probetas cilíndricas .....	52
Figura 23	Ensayo de resistencia a la flexión en las probetas tipo viga .....	53

Figura 24 Comparación de los resultados de asentamiento del concreto .....	54
Figura 25 Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días .....	56
Figura 26 Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días .....	57
Figura 27 Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días .....	58
Figura 28 Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón .....	58
Figura 29 Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla con adición de 3% de virutas de acero.....	59
Figura 30 Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla con adición de 6% de virutas de acero.....	59
Figura 31 Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla con adición de 9% de virutas de acero.....	60
Figura 32 Relación de las adiciones de porcentajes en la resistencia a compresión del concreto .....	61
Figura 33 Carga máxima vs Módulo de rotura.....	63
Figura 34 Relación de las adiciones de porcentajes en la resistencia a flexión del concreto .....	63
Figura 35 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición de 3 porcentajes diferentes de virutas de acero.....	65

## RESUMEN

Los concretos con inclusión de virutas de acero presentan una serie de ventajas; sin embargo, se pueden generar una serie de incógnitas acerca del desempeño que tendría un concreto en el cual esa adición se de en diferentes porcentajes, al ser sometido a ensayos similares a los del concreto convencional tanto en estado fresco como endurecido. Es así que, el presente trabajo de investigación se llevó a cabo con el principal objetivo de comparar como la adición de virutas de acero influye en las propiedades físico-mecánicas de un concreto. Se llevó a cabo una investigación de tipo aplicada-descriptiva y con enfoque experimental. La población de estudio estuvo conformada por el concreto de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> convencional y con adición de virutas de acero, es así que, la muestra estudiada que se obtuvo mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia del autor, conformada por un total de 40 unidades 36 cilindros y 4 vigas, mismos que fueron elaborados con diferentes porcentajes de adición de virutas (0%, 3%, 6% y 9%) y ensayados a compresión a los 7, 14 y 28 días y a flexión a los 28 días respectivamente. Los mejores resultados se obtuvieron al adicionar 6% y 9% de virutas de acero con respecto al peso de los agregados fino y grueso y cemento de manera proporcional. Concluyendo principalmente que, con 9% se obtuvieron resistencias promedio a la compresión de hasta 388 kg/cm<sup>2</sup> y con 6% se obtuvieron resistencias a la flexión de 6.42 MPa.

**Palabras clave:** virutas de acero, concreto, asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

## ABSTRACT

The concretes with the inclusion of steel shavings present a series of advantages; however, a series of unknowns can be generated about the performance of a concrete in which this addition occurs in different percentages, when subjected to tests like those of conventional concrete, both in fresh and hardened states. Thus, the present research work was carried out with the main objective of comparing how the addition of steel chips influences the physical-mechanical properties of concrete. Applied-descriptive research with an experimental approach was carried out. The study population was made up of conventional  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> concrete with the addition of steel shavings, so the studied sample was obtained through non-probabilistic sampling for the author's convenience, made up of a total of 40 units 36 cylinders and 4 beams, which were made with different percentages of chip addition (0%, 3%, 6% and 9%) and tested for compression at 7, 14 and 28 days and for bending at 7, 14 and 28 days. 28 days respectively. The best results were obtained by adding 6% and 9% of steel chips with respect to the weight of fine and coarse aggregates and cement proportionally. Mainly concluding that, with 9%, average compressive strengths of up to 388 kg/cm<sup>2</sup> were obtained and with 6% flexural strengths of 6.42 MPa were obtained.

**Keywords:** steel shavings, concrete, settlement, compressive strength, flexural strength

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en todos los ámbitos que abarca es una actividad que tiene mucha influencia en el desarrollo económico de los países, pero también genera muchos residuos en el proceso (Cabanillas, 2017). Si bien la construcción es una actividad muy antigua que surgió a partir de la necesidad de las personas por conseguir un lugar en adecuadas condiciones donde vivir, a medida que ha pasado el tiempo ha ido impactando negativamente al medio ambiente (Mejía, 2019).

Los materiales utilizados en la industria de la construcción están en una continua evolución y transformación, es así que, desde hace algunos años atrás, el concepto de construcción sustentable ha adquirido relevancia y captado el interés de los profesionales de la construcción, por la posibilidad de contar con materiales con sus propiedades y características especiales e inclusive mejoradas, como es el caso del concreto el material preferido alrededor del mundo (Almeshal et al., 2020).

En ese sentido, Mejía (2019) afirma que Perú es un país que no ha buscado innovar de manera significativa en cuánto al desarrollo de nuevos y mejores concretos, sino que, más bien se ha enfocado en adoptar las mejoras descubiertas en el extranjero. Lo que de alguna manera también ha resultado beneficioso para la industria de la construcción, puesto que, la inclusión de nuevas técnicas constructivas, además de la fabricación de materiales sustentables, ha propiciado el surgimiento de construcciones eco amigables. Sin embargo, aún predomina la utilización de los materiales constructivos y las técnicas tradicionales, por lo que, la inclusión de materiales reciclados como adición o reemplazo de los materiales convencionales es un campo en el que aún queda mucho por explorar.

## 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Si bien las estructuras son diseñadas y construidas para un determinado tiempo de vida útil, en ocasiones, mucho tiempo antes de que se cumpla aquel periodo de tiempo en las estructuras empiezan a presentarse una serie de problemas cómo son las grietas o fisuras en el concreto, ya sea por la exposición a sobre cargas o por la utilización de materiales inadecuados o de baja calidad.

Ante lo cual, surge una alternativa que es la inclusión de virutas de acero, que no sólo es viable desde el punto de vista ambiental, al reciclar un desecho de la industria metalmeccánica que de lo contrario terminaría formando parte de un botadero o escombrera contaminando al medio ambiente, sino también desde el mecánico, ya que en los últimos años se han desarrollado una serie de investigaciones en torno a esta temática e investigadores cómo Condori y Palomares (2018) afirman que al incluir este tipo de fibras en el concreto actúan como refuerzo de este y por consiguiente se obtienen mejoras en cuánto al desempeño mecánico y durabilidad, pero además se reduce y controla la propagación de grietas ocasionadas por la retracción.

Por otro lado, Alfaro y Cuadra (2020) aseguran también que, la adición de virutas de acero incrementa la capacidad de carga del concreto post agrietamiento, es decir, éstas fibras le otorgan la capacidad de soportar mayor cantidad de carga y por ende de deformarse más, lo que significa mayor ductilidad y tenacidad en el elemento estructural elaborado con este material compuesto, en comparación con un concreto tradicional.

El proyecto se justifica en el echo de que, al utilizar virutas de acero para elaborar especímenes de concreto; por un lado, se obtendrán muestras con sus propiedades físico-mecánicas mejoradas, ya que dichos filamentos rellenan los espacios, vacíos o fisuras que pudieran formarse en el concreto, dando paso a una pasta más compacta y por ende los especímenes de ensayo estarán en la capacidad de soportar mayores sollicitaciones en

comparación a un concreto tradicional, lo que se traduce en el aporte de un material mejorado que permitirá llevar a cabo futuras construcciones con sus elementos estructurales de mejor calidad. Y por otro lado, como ya se mencionó, las virutas de acero son un producto de desecho, por lo que, es posible obtenerlas a un muy bajo costo o inclusive puede darse el caso que de manera gratuita, ahorrando el costo muchas veces excesivo que representa la utilización de aditivos tradicionales, demostrando así la viabilidad de utilizar virutas de acero como un reforzamiento fácil y económico para el concreto.

Es así que, con estos antecedentes, la presente investigación buscará elaborar elementos tipo vigas y cilindros tanto con concreto tradicional cómo con concreto con inclusión de 4% (con respecto a una dosificación patrón) de virutas de acero, ambos con una resistencia de diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>, para así determinar y comparar las propiedades mecánicas obtenidas. Con lo cual se pretende dar un uso alternativo a este material de desecho.

### **Antecedentes Internacionales**

En Venezuela, Camarena y Díaz (2022), realizaron una investigación con el objetivo de analizar la influencia de incluir escoria de acero cómo reemplazo del agregado fino al 10%, 15% y 20% en el concreto de  $f'c= 20594$  kPa. Para lo cual, se realizaron 36 probetas que fueron sometidas a ensayos de compresión a las edades de 7, 14 y 28 días (3 probetas por cada edad y por cada porcentaje de reemplazo, así como 3 con concreto patrón), 24 probetas que fueron sometidas a ensayos de flexión a las edades de 7, 14 y 28 días (2 probetas por cada edad y por cada porcentaje de reemplazo, así como 2 con concreto patrón). Los resultados permitieron concluir que, el porcentaje óptimo de reemplazo del agregado fino por viruta de acero fue el 10%, pues fue el que mejores resultados arrojó en términos de resistencias a la compresión, flexión y trabajabilidad del concreto.

En Colombia, Rodríguez (2019) desarrolló su trabajo de titulación con el objetivo de estudiar la posibilidad de incrementar el módulo de rotura de los adoquines utilizados en pavimentos flexibles para bajos volúmenes de tránsito, mediante la implementación en una muestra de adoquines de tipo bicapa, de una capa inferior elaborada con concreto con adición de virutas de acero y por el otro lado una capa de concreto con adición de ceniza volante. Para lo cual, en una primera etapa, para poder determinar el porcentaje óptimo tanto de cenizas volantes como de virutas de acero a ser utilizados en los adoquines, se elaboraron: 18 cilindros, 3 por cada porcentaje de ceniza volante considerado 0%, 3%, 5%, 7%, 10% y 30% con respecto al peso del cemento para ser ensayados a compresión a los 45 días; 15 vigas, 3 por cada porcentaje de viruta de acero considerado 0%, 7%, 10%, 12%, 15% con respecto al peso de la arena para ser ensayadas a flexo-tracción a los 28 días.

Posteriormente, con los resultados obtenidos de la primera etapa experimental se procedió a elaborar los adoquines bicapa; para lo cual se decidió adoptar 7% de ceniza volante para la capa superior de los adoquines, pues fue el porcentaje que arrojó los mejores resultados (incremento del 41% de la resistencia, con respecto al concreto con 0% de ceniza) y a pesar de que el concreto con adición de virutas de acero presentó decrementos en sus resistencias con todos los porcentajes, se decidió trabajar con el 7% (con ese porcentaje se registró el menor decremento en la resistencia). Cabe resaltar que, a la par se elaboraron adoquines de una sola capa únicamente con cemento gris, para ser sometidos en ambos casos a flexión a las edades de 7, 14, 28 y 45 días y comparar los resultados del módulo de rotura. Finalmente se concluyó que, efectivamente, los adoquines bicapa son más eficientes que los monocapa al momento de resistir cargas, aunque la diferencia no sea muy significativa en sus módulo de rotura a los 45 días; sin embargo, se comprobó la viabilidad de utilizar virutas de acero y cenizas volantes en la elaboración de adoquines para pavimentos flexibles de bajo tránsito (Rodríguez, 2019).

## Antecedentes nacionales

En Lambayeque, Herrera y Silva (2021) llevaron a cabo su proyecto de titulación con el objetivo de estudiar los efectos de incluir virutas de acero al 0.5%, 1.5% y 2.5% en la resistencia a la compresión de un concreto de  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup>, con la finalidad de aplicar los resultados obtenidos en la pavimentación de la U.V Ernesto Vélchez Alcántara de la provincia de Ferreñafe. Para lo cual elaboraron un total de 48 muestras cilíndricas de 15x30 cm de dimensión; 12 con concreto patrón, es decir, sin adición de virutas y 12 unidades para cada uno de los porcentajes mencionados, las cuales fueron ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días (4 muestras por cada edad y por cada porcentaje de inclusión).

Lastimosamente los resultados obtenidos no fueron favorables, puesto que; para la edad de 7 días se registraron disminuciones en las resistencias de entre 1.38% y 7.08%, para la edad de 14 días se registraron disminuciones en las resistencias de entre 0.81% y 6.53% y para la edad de 28 días se registraron disminuciones en las resistencias de entre 0.44% y 6.37%, respectivamente, con respecto al concreto patrón. Con lo cual se concluyó que, las dosificaciones utilizadas no fueron las correctas, puesto que no se evidenciaron mejorías en el comportamiento mecánico a compresión en el concreto (Herrera y Silva, 2021).

En Trujillo, Alfaro y Cuadra (2020) desarrollaron su proyecto de titulación con el objetivo de estudiar la influencia de incluir virutas de acero al 1.5%, 3.5%, 5% y 7.5% como alternativa de mejora de las propiedades mecánicas un concreto de  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>. Para lo cual recurrieron al método científico y una investigación experimental pura, mediante la elaboración de 75 probetas de concreto tanto con adición y sin adición (concreto patrón) de las virutas; de las cuales 45 fueron cilindros para ser ensayados a compresión a los 7, 14 y 28 días, 15 fueron vigas prismáticas sometidas a ensayos de flexión y las 10 restantes fueron de igual manera vigas

pero sometidas a ensayos de tracción indirecta, en los dos últimos casos únicamente a la edad de 28 días.

Los resultados demostraron que, en el ensayo de compresión se registraron incrementos en la resistencia entre el 2.7% y el 20.08%, mientras que en el ensayo de flexión se registraron incrementos a la resistencia entre el 2.03% y el 14.43% y en el ensayo de tracción se registraron incrementos a la resistencia entre el 7.34% y el 27.62%, todos con respecto a los resultados de las muestras patrón; siendo 3.5% el porcentaje óptimo de inclusión de virutas de acero, debido a que, en las tres pruebas realizadas, fueron las muestras con aquella dosificación las que presentaron los mejores resultados. Finalmente se concluyó que, la inclusión de virutas de acero influye positivamente en el comportamiento mecánico del concreto, por lo que, es una buena alternativa para mejorar sus propiedades, lo cual podría ser utilizado en futuras construcciones (Alfaro y Cuadra, 2020).

### **Antecedentes locales**

Riveros y Vilca (2021) desarrollaron su proyecto de titulación con el objetivo de estudiar las propiedades mecánicas de un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con reemplazo del agregado fino por virutas de acero fundido en porcentajes de 3%, 6% y 9%, el concreto fue evaluado en estado fresco en términos de su temperatura, slump y peso unitario y posteriormente se elaboraron 21 probetas con una dosificación patrón y 21 para cada uno de los tres porcentajes de reemplazo, es decir un total de 84 muestras. Finalmente, estas probetas fueron ensayadas a compresión, flexión y tracción, a las edades de 7, 14 y 28 días para los tres ensayos.

Los resultados de los ensayos al concreto en estado fresco demostraron que; a medida que el porcentaje de inclusión de las virutas de acero fundido incrementa en la dosificación, disminuye el asentamiento (slump), mientras que, por el contrario, el peso unitario aumenta a

mayor cantidad de virutas y en el caso de la temperatura los cambios son insignificantes (de  $0.01^\circ$  a  $0.06^\circ$ ). En los ensayos al concreto endurecido se pudo observar que, el porcentaje óptimo de reemplazo fue del 6%, puesto que se registraron incrementos del 9.72% en la resistencia a compresión, 4.12% en la resistencia a la flexión y 11.97% en la resistencia a la tracción, mientras que con 3% de reemplazo se registraron pequeños incrementos y con 9% sólo se evidenciaron disminuciones de las resistencias. Por lo tanto, se concluyó que, el reemplazo del agregado fino por virutas de acero no afecta negativamente en la negatividad, ni fluidez del concreto, además de que mejora considerablemente sus propiedades mecánicas.

Condori y Palomares (2018) llevaron a cabo su proyecto de titulación con el principal objetivo de realizar un análisis del comportamiento mecánico del concreto destinado a pavimentos rígidos cuando se le adicionan virutas recicladas de acero. Para lo cual recurrieron al método científico y una investigación experimental pura, mediante la elaboración de 50 probetas de concreto de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con inclusión del 3% y 5% de virutas de acero con una longitud de  $\frac{1}{2}$ " y 1"; de las cuales 30 fueron cilindros destinados para ser sometidos a compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, 10 fueron vigas prismáticas sometidas a ensayos de flexión y las 10 restantes fueron de igual manera vigas pero sometidas a ensayos de tracción indirecta, en los dos últimos casos únicamente a la edad de 28 días.

Adicional a ello, se elaboraron también 6 probetas con concreto patrón de la misma resistencia de diseño, es decir sin la inclusión de las virutas de acero, para realizar comparaciones del comportamiento del concreto en cada una de las pruebas realizadas. Los resultados demostraron que, el porcentaje óptimo de inclusión de viruta reciclada de acero fue del 3%, mientras que la longitud óptima de la viruta resultó ser la de  $\frac{1}{2}$ ", puesto que bajo tales condiciones en el ensayo de compresión se evidenciaron incrementos en la resistencia entre el 2.2% (a los 7 días) y el 2.5% (a los 28 días), en el caso del ensayo de tracción indirecta se

obtuvieron incrementos del 1.9% en la resistencia y en el ensayo de flexión un aumento del 1.7% en la resistencia, todo aquello con respecto al concreto patrón; mientras que, con las virutas de 1" y al 5% de inclusión los resultados no fueron favorables. Por lo que, finalmente concluyeron que, si resulta viable la inclusión de viruta de acero para la elaboración de concretos para uso en pavimentos de mediano y alto tránsito, pues se evidenciaron mejorías en las resistencias (Condori y Palomares, 2018).

### **Definiciones conceptuales**

A continuación, se definen algunos términos básicos relacionados con el concreto con los que se trabajará en el desarrollo de este trabajo de investigación:

- **Contenido de aire:**

El aire contenido en el concreto puede ser aire atrapado durante la preparación de la mezcla, el cual es introducido en forma de burbujas, las cuales pueden incluso disminuir la resistencia de la mezcla, por lo que se debe compactar adecuadamente al concreto. Por otro lado, también puede darse el caso en que el aire es introducido intencionalmente en el concreto fresco, el cual es conocido como aire incorporado y ayuda a incrementar la plasticidad, además de reducir la exudación y la segregación de las partículas (Ochoa, 2018).

- **Contenido de vacíos:**

El contenido de vacíos en el concreto puede variar entre el 15 y el 35% del volumen, cuando en una mezcla se combinan diferentes tamaños de agregados el contenido de vacíos disminuye, de esta característica también dependerá la demanda de pasta cementante en el diseño de la mezcla de concreto (Kosmatka et al., 2004).

- **Densidad:**

La densidad se define como la relación entre el peso seco de la masa y el volumen que ocupa dicha masa en el concreto, se excluye el volumen ocupado por los poros y es un valor

que permite determinar si el concreto está cumpliendo las especificaciones del diseño (Kosmatka et al., 2004).

- **Densidad aparente:**

Esta densidad se diferencia de la densidad nominal, en que es la relación entre el peso de la masa ya sea seca o húmeda y el volumen que ocupa dicha masa en el concreto incluidos todos los poros saturables y no saturables, esta es la que más interesa en el concreto puesto que con ella se determina la cantidad de agregados que se requiere para elaborar un volumen unitario de concreto (Bustamante, 2022).

- **Peso unitario:**

“Es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m<sup>3</sup>” (Díaz, 2015, p. 11). El peso unitario del concreto varía dependiendo de la forma, granulometría, y tamaño máximo del agregado, pero también influyen factores externos como la consolidación, relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la forma en cómo se vierte el concreto, entre otras.

- **Temperatura:**

La temperatura es un factor que tiene mucha incidencia en el concreto, cuando el concreto se encuentra en estado fresco su temperatura no debe ser mayor a aproximadamente 30°C, por lo que las probetas que se estén elaborando deben ser protegidas del sol intenso, del viento, de la congelación, es decir de fuertes variaciones de temperatura, inclusive de ser necesario debe regularse la temperatura de los agregados y el agua de mezcla, ya que todo esto podría afectar la relación a/c y con ello a la resistencia a la compresión (Bustamante, 2022).

- **Virutas de acero:**

Las virutas de acero son fragmentos residuales muy pequeños, que se obtienen como producto de desecho de la realización de trabajos tales como cepillado, desbastado y/o

perforación en metales, mediante el uso de brocas destinadas para el efecto, las cuales pueden ser obtenidas de talleres mecánicos, metalmecánicas (Pérez, 2021). Estas al ser consideradas como un producto residual son destinadas únicamente para la basura; sin embargo, en este trabajo de investigación se demostrará un uso alternativo a las mismas con su incorporación al concreto.

De acuerdo con Pérez (2021) existen tres tipos de virutas de acero: las discontinuas, que provienen de piezas de hierro y latón fundido; las continuas, que se extraen de materiales dúctiles y que se diferencian de las primeras porque, cuando se cortan no se fracturan, lo que las hace más difíciles de cortar y las continuas con protuberancias, éstas últimas se obtienen de materiales dúctiles en los cuales se necesitan aplicar velocidades bajas de corte, dando como resultado un producto aglutinado soldado.

### **Figura 1**

*Virutas de acero*



Fuente: Pérez (2021)

### **Bases teóricas**

El concreto hidráulico conocido sólo como concreto, es un material heterogéneo que se forma a partir de mezclar cemento Portland, agua, agregados gruesos y finos y una pequeña

cantidad de aire (atrapado o intencionalmente incorporado), aunque en ocasiones también se recurre a la incorporación de aditivos para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas (Cabanillas, 2017).

### **Propiedades del concreto en estado fresco**

De acuerdo con Caruajulca (2021), el concreto entra en estado fresco desde el momento en que el cemento entra en contacto con el agua y los agregados y permanece así hasta el momento en que se endurece. Cabe mencionar que es un estado crucial, pues de la manera en cómo el concreto sea manipulado al estar fresco dependerán muchas de sus propiedades cuando alcance el estado endurecido.

#### **Figura 2**

*Concreto en estado fresco*



Fuente: Inca y Mendoza (2019)

- **Trabajabilidad:**

Cuándo un concreto se encuentra en estado fresco, éste debe ser amasado, manipulado y vaciado en un determinado molde, de acuerdo a qué tan trabajable sea, será más o menos fácil éste proceso. De acuerdo con Caruajulca (2021):

El concreto debe tener una consistencia tal, que lo haga trabajable, pero sin que sus componentes se disgreguen mientras se lo transporta y manipula. La trabajabilidad dependerá mucho de los siguientes factores: forma y tiempo del transporte, cantidades

y características del agua de amasado los agregados y el cemento, consistencia del concreto, cantidad de aire incorporado, temperatura del concreto, aditivos. (pp. 21-22)

La trabajabilidad es la propiedad más importante cuando el concreto se encuentra en estado fresco, debido a que, a su vez trae asociadas otras propiedades igualmente importantes como por ejemplo la consistencia (Kosmatka et al., 2004). Bedoya (2017) afirma que, no se debe incrementar la cantidad de agua de amasado para aumentar la trabajabilidad del concreto, debido a que a largo plazo esto afecta al endurecimiento, durabilidad y principalmente al adecuado desarrollo de las propiedades físico-mecánicas, por lo que, en esos casos lo ideal es utilizar cualquiera de los aditivos disponibles en el mercado, o bien capacitar a los operarios en el modo adecuado de realizar el vibrado y compactación.

- **Consistencia:**

La consistencia que posee el concreto en estado fresco es un buen indicador de su trabajabilidad. Una manera de determinar la consistencia del concreto es mediante la medición del asentamiento de éste, el cual también es conocido como revenimiento o slump y para ello se recurre al ensayo del cono de Abrams, el cual debe realizarse conforme lo estipulado en las normas NTP 339.035/ASTM C143. Una vez que se conoce el valor del asentamiento, se puede conocer también la consistencia y el contenido de humedad del concreto (Caruajulca, 2021).

**Figura 3**

*Ensayo del cono de Abrams*



Fuente: Inca y Mendoza (2019)

Adicionalmente cabe acotar que, el concreto debe tener una adecuada consistencia, puesto que cuando la pasta es rígida o seca su vaciado se dificulta, además de que, los agregados pueden desprenderse de la mezcla como se aprecia en la Figura 4 y por el contrario, cuando está demasiado húmeda se pueden formar huecos (Caruajulca, 2021).

**Figura 4**

*Concreto con bajo asentamiento o slump*



Fuente: Kosmatka et al. (2004)

- **Homogeneidad:**

La homogeneidad es sin duda la mejor manera de conseguir una consistencia uniforme en el concreto, con lo cual se garantiza que todos los componentes de la pasta se mantengan formando una sola masa (Buenaño, 2018).

### **Propiedades físico-mecánicas del concreto en estado endurecido**

- **Resistencia a la compresión:**

La resistencia a la compresión "se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto" (Kosmatka et al., 2004, p. 8). El concreto es un material con alta resistencia a la compresión, pero muy baja resistencia a la tensión, por ello se recurre al uso de varillas de acero corrugado como refuerzo en la fabricación de elementos estructurales.

Es la propiedad más valorada del concreto y depende de: la relación agua/cemento, del curado, de las condiciones ambientales y de la edad del concreto. Se expresa en kg/cm<sup>2</sup> o MPa y es importante conocerla a una edad de 28 días, pero también se pueden realizar pruebas para conocer su valor a otras edades. La resistencia a los 7 días es aproximadamente el 75% de la resistencia a los 28 días (Kosmatka et al., 2004).

La determinación de la resistencia a la compresión se la realiza mediante ensayos en probetas cilíndricas, las que deben cumplir una relación de aspecto altura-diámetro de 2 a 1 y son sometidas a carga hasta la rotura en una máquina universal, tal como se indica en la Figura 5 (Kosmatka et al., 2004).

**Figura 5**

*Ensayo de resistencia a la compresión de un cilindro de concreto*



Fuente: Kosmatka et al. (2004)

- **Resistencia a la flexión:**

Esta propiedad también es conocida como módulo de ruptura o rotura. La resistencia a la compresión es un indicador de esta resistencia, una vez que se ha establecido una relación entre ambos parámetros, específicamente para los materiales y tamaños involucrados. Para concretos de peso normal, la resistencia a la flexión se determina como:  $0.7$  a  $0.8 \sqrt{f'c}$ , siendo  $f'c$  la resistencia a compresión y se expresa en kg/cm<sup>2</sup> o MPa (Kosmatka et al., 2004).

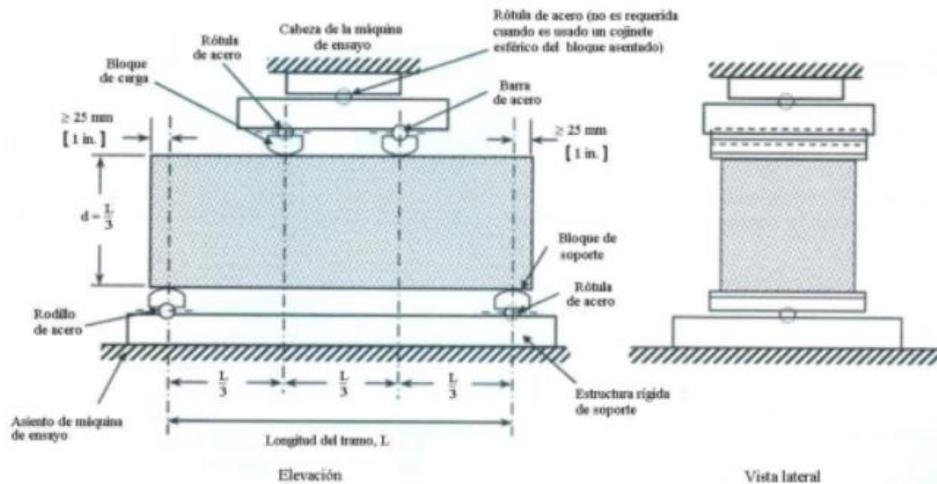
De acuerdo con la norma NTP 339.078 (2012), el ensayo que se lleva a cabo para obtener la resistencia a la flexión consiste en:

Aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de éste no mayor del 5% de la luz libre. (p. 2)

Un esquema del ensayo mencionado se puede observar en la Figura 6. Adicionalmente vale mencionar que, si bien el parámetro más importante del concreto en estado endurecido es su resistencia a la compresión, el módulo de rotura también permite tener una idea de si en una obra se han cumplido las especificaciones de diseño; sin embargo, es un parámetro preferentemente utilizado en proyectos de losas y pavimentos (Caruajulca, 2021).

**Figura 6**

*Ensayo de resistencia a la flexión de una viga de concreto*



Fuente: NTP 339.078 (2012)

- **Resistencia a la tensión:**

La resistencia a la tensión o resistencia a la tracción es aproximadamente de 8% a 12% de la resistencia a la compresión y se determina como:  $0.4 \text{ a } 0.7 \sqrt{f'c}$  en  $\text{kg/cm}^2$  o MPa. Mientras que la resistencia a corte es del 8% al 14% de la resistencia a la compresión (Kosmatka et al., 2004).

- **Curado:**

La resistencia a la compresión del concreto depende de varios factores como se mencionó anteriormente, entre ellos el proceso de curado, dependiendo de como se de este el concreto podrá alcanzar o no su máxima resistencia, por lo cual el concreto deberá permanecer húmedo o “la humedad relativa del aire deberá estar arriba de aproximadamente 80%” (Kosmatka et al., 2004, p. 6).

- **Masa volumétrica (masa unitaria, densidad):**

La densidad del concreto en estado endurecido depende directamente de la densidad real, de la proporción de cada uno de sus componentes, así como del contenido de aire y de la evaporación del agua de amasado, por lo que variará aproximadamente en un 7% de la densidad

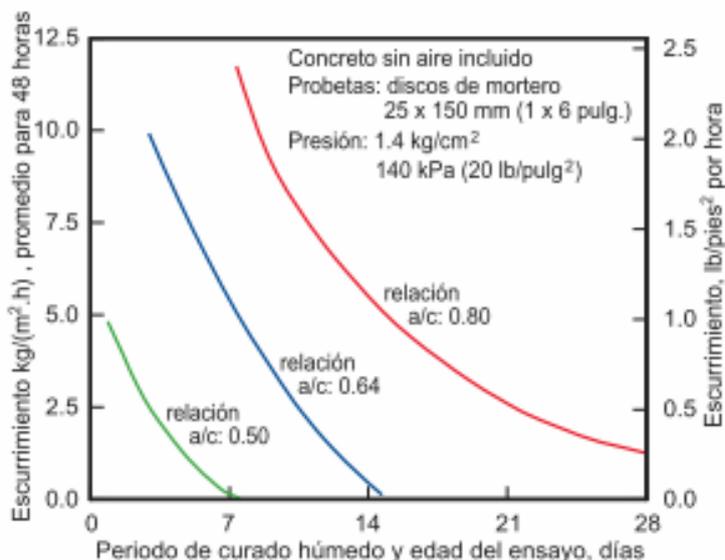
en estado fresco o inicial. Su valor oscila entre 2200 Kg/cm<sup>3</sup> y 2400 Kg/cm<sup>3</sup> (Chugchilan, 2020). De acuerdo con Rogel (2017) “Se emplea como indicador de la uniformidad de la mezcla, junto con la trabajabilidad, revela cambios en contenidos de agua, cemento o en la granulometría de los áridos” (p. 24).

- **Permeabilidad:**

La permeabilidad es la capacidad del concreto de resistir que cualquier sustancia lo penetre. Mientras menor es la permeabilidad del concreto, es mayor la resistencia al congelamiento y deshielo. La permeabilidad es una característica importante en la pasta de cemento, puesto que esta cubre a todos los demás componentes y será mayor o menor dependiendo de la relación agua/cemento, el grado de hidratación del cemento y de un curado adecuado (Kosmatka et al., 2004).

**Figura 7**

*Relación a/c y duración del curado sobre la permeabilidad del mortero*



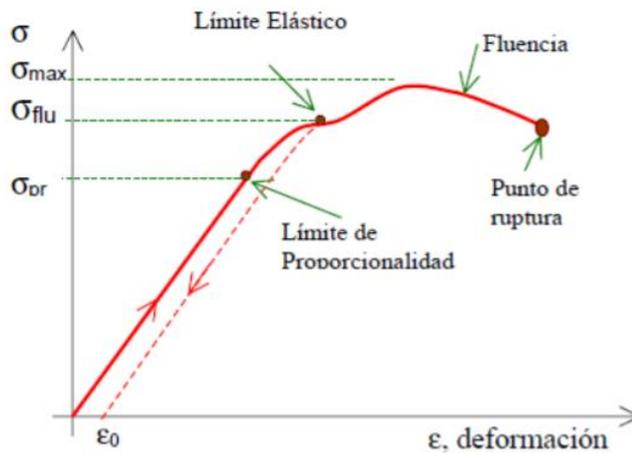
Fuente: Kosmatka et al. (2004)

- **Módulo de elasticidad:**

De acuerdo con Kosmatka et al. (2004), el módulo de elasticidad el cual se representa con la letra E, “se puede definir como la razón entre el esfuerzo normal a una deformación correspondiente para el esfuerzo de tensión o compresión abajo del límite de proporcionalidad del material” (p. 9). Se determina a través de la pendiente de una curva esfuerzo-deformación como se muestra en la Figura 8.

**Figura 8**

*Curva esfuerzo-deformación*



Fuente: Soto y Marín (2019)

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2022?

### 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero disminuye el asentamiento del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón?
- ¿La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero incrementa la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón?
- ¿La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero incrementa la resistencia a la flexión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón?

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup> con adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero, Lima 2022.

### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el asentamiento del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero y compararlo con el de una mezcla patrón, Lima, 2022.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero y compararla con la de una mezcla patrón, Lima, 2022.
- Determinar la resistencia a la flexión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero y compararla con la de una mezcla patrón, Lima, 2022.

## 1.4. HIPÓTESIS

### 1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2022.

### 1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero disminuye el asentamiento del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.
- La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero incrementa la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.
- La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero incrementa la resistencia a la flexión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

### 2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicada y descriptiva. Según Colomé y Femenia (2018), la investigación aplicada utiliza los conocimientos ya existentes como herramientas para lograr un objetivo que se puede materializar, es decir busca generar soluciones a problemas de la ciencia de manera práctica. Mientras que, la investigación descriptiva es aquella, que tiene como objetivo principal, definir o describir las características de una serie de variables importantes para el desarrollo del estudio; mientras que la investigación teórica es aquella que comienza con una búsqueda bibliográfica de información relevante sobre el tema que se está investigando y finalmente contrasta entre sí una serie de ideas de otros pensadores con las propias.

El enfoque es experimental, De acuerdo con Borja (2016), la investigación experimental es aquella en la que se verifica la hipótesis mediante la manipulación intencional de las variables de estudio. Es así, que en esta investigación se manipula la cantidad de virutas de acero usadas para obtener una mezcla de concreto, elaborar especímenes y ensayarlos posteriormente para obtener sus propiedades (asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión) y verificar las hipótesis planteadas.

### 2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 2.2.1. POBLACIÓN

La población se define cómo el conjunto total de personas u objetos que interesan para una investigación (Robles, 2019). De manera que, la población de estudio de este trabajo es el concreto de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> convencional y con adición de virutas de acero.

### 2.2.2. MUESTRA

La muestra es un subconjunto de la población, es decir, un grupo representativo de ella, sobre el cual se desarrolla la investigación y posteriormente los resultados pueden ser extrapolados a los demás elementos de la población, por supuesto con un cierto margen de error (Robles, 2019). Para esta investigación, la muestra está conformada por probetas cilíndricas y vigas de concreto de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

El ensayo de resistencia a la compresión se lleva a cabo de acuerdo con lo estipulado en la norma ASTM C39 (2021), de acuerdo con la cual se necesita como mínimo tres muestras cilíndricas para obtener el valor promedio y la desviación estándar, las cuales, cómo previamente se mencionó, deben tener una altura de dos veces el diámetro, cuyas dimensiones pueden ser de 150x300mm o 100x200mm. En cambio, para el ensayo de resistencia a la flexión la Norma NTP 339.078 (2012), no especifica un número mínimo de vigas para llevar a cabo la prueba de laboratorio.

Es así que, recurriendo a un muestreo no probabilístico por conveniencia del autor, que de acuerdo con Otzen y Manterola (2017), es aquel que permite al investigador seleccionar únicamente aquellos elementos que le son accesibles; se realizaron 9 cilindros de 150x300mm y 3 vigas de 500x150x150mm elaboradas con una dosificación patrón, es decir, sin virutas de acero, así como 9 cilindros y 3 vigas con las mismas dimensiones con cada uno de los porcentajes de adición (3%, 6% y 9%) con respecto al peso del cemento y cada uno de los agregados, para el ensayo de resistencia a la compresión los especímenes fueron ensayados a las edades de 7, 14, 28 días, mientras que para el ensayo de flexión las vigas fueron ensayadas únicamente a los 28 días, cómo se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Número de probetas a realizar*

Edad	Ensayos					
	7 días		14 días		28 días	
Tipo	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexión	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexión	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexión
Concreto con 0% de virutas de acero	3	-	3	-	3	1
Concreto con 3% de virutas de acero	3	-	3	-	3	1
Concreto con 6% de virutas de acero	3	-	3	-	3	1
Concreto con 9% de virutas de acero	3	-	3	-	3	1
<b>Total:</b>	40 unidades					

Fuente: elaboración propia

### 2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de recolección de datos de esta investigación consistió en la observación experimental. De acuerdo con Tamayo y Silva (2017) ésta técnica permite la toma de datos mediante la manipulación directa de las variables de estudio por parte del investigador y precisamente en esta investigación se recurrió a la manipulación de la cantidad de virutas de acero en la dosificación del concreto para la elaboración de las probetas de ensayo (ver Tabla 2).

De igual manera, Tamayo y Silva (2017) afirman que el principal instrumento de recolección de datos de la observación experimental es la ficha de registro de datos, por lo tanto, los resultados de los ensayos realizados fueron registrados en fichas emitidas por el laboratorio, las cuales tienen formatos específicos conforme a lo que indican las normas NTP y ASTM.

**Tabla 2**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Ensayo	Técnica	Instrumento
Asentamiento	Observación experimental	Ficha de recolección de datos
Resistencia a la compresión	Observación experimental	Ficha de recolección de datos
Resistencia a la flexión	Observación experimental	Ficha de recolección de datos

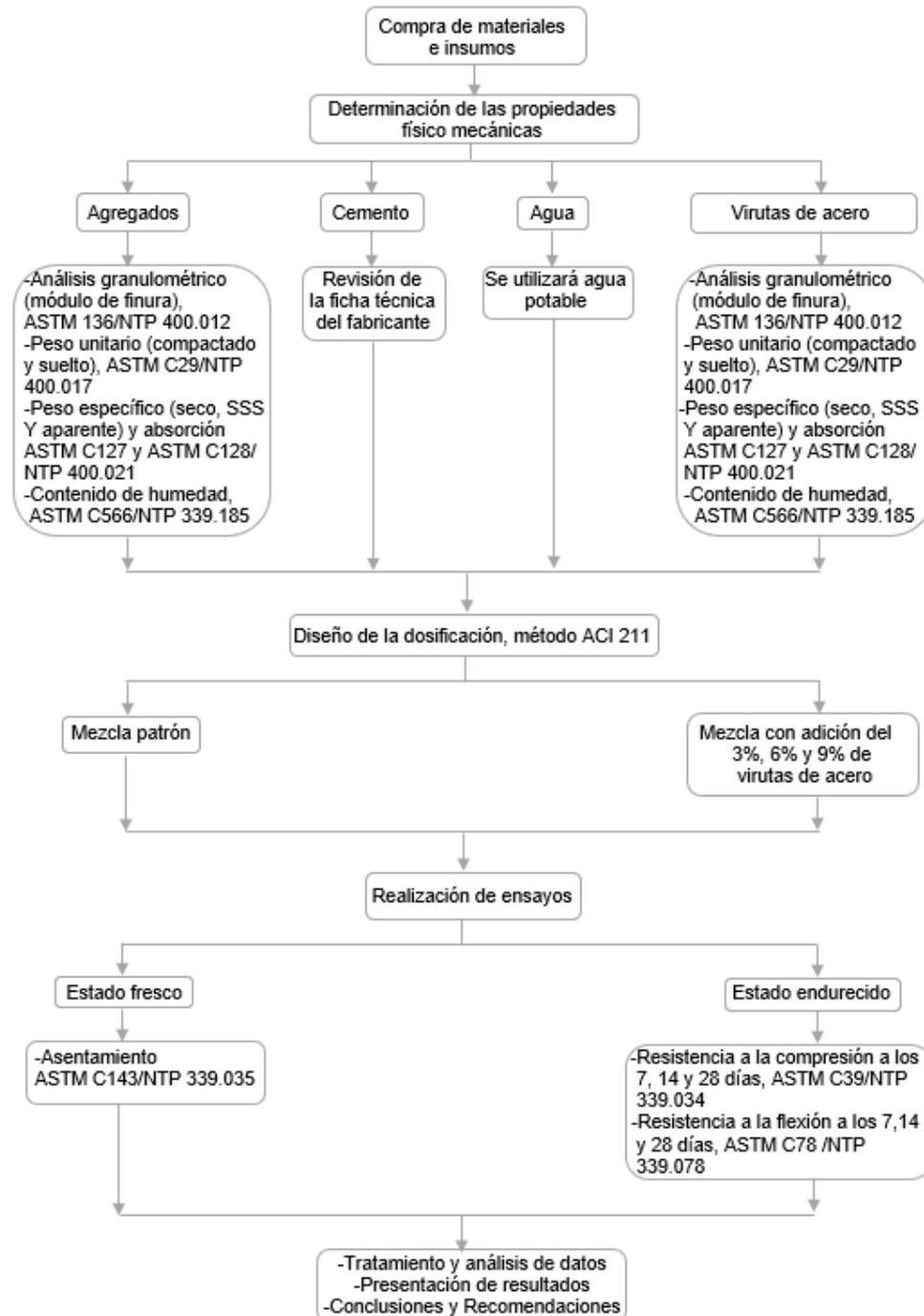
Fuente: elaboración propia

## 2.4. PROCEDIMIENTO

A continuación, en la Figura 9 se muestra un diagrama que contiene los procedimientos que se llevaron a cabo para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación.

**Figura 9**

*Diagrama del procedimiento de desarrollo de la etapa experimental*



Fuente: elaboración propia

## 2.5. ASPECTOS ÉTICOS

Para el desarrollo de esta investigación se ha optado por respetar la autoría de todos los documentos utilizados y por lo tanto se incluyen las citas respectivas conforme a lo indicado por las Normas APA en su versión 2017.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

Para el satisfactorio cumplimiento de los objetivos de esta investigación el primer paso consistió en la adquisición de los agregados tanto finos como gruesos que se utilizarían, que en este caso se trató de piedra chancada de 1" y arena gruesa, los cuales proceden de Manchay una zona periférica de la ciudad de Lima. Valga resaltar además que, todos los ensayos posteriores fueron realizados tanto en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos de la Universidad Privada del Norte cómo en el Laboratorios de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, ambos localizados también en la ciudad de Lima.

#### Figura 10

*Ubicación de la zona de estudio*



Fuente: Google

## **3.2. TRABAJOS PREVIOS**

### **3.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO**

El concreto hidráulico es un material que cuenta con una serie de normativas que estandarizan y regulan los diferentes ensayos que se realizan sobre este, es así que, con el fin de cumplir con aquello, para el desarrollo de esta investigación se adoptaron los lineamientos tanto de la normativa peruana NTP, cómo de la extranjeras ACI y ASTM.

En primer lugar, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica acerca de trabajos previos realizados acerca de la inclusión de virutas de acero en el concreto, tanto en el ámbito nacional cómo internacional, encontrando una extensa base de datos. Posterior a lo cual se revisó más a fondo una pequeña muestra de tales investigaciones, con la finalidad de determinar un rango de porcentajes que hubieran arrojado los mejores resultados experimentales, extrapolando tales valores y tomando finalmente la decisión de trabajar para la presente investigación con el 3%, 6% y 9% de adición de viruta de acero en el concreto que se realizaría.

A continuación, en una etapa previa a la elaboración de los especímenes de ensayo, se realizaron ensayos para conocer las características de los agregados tanto finos como gruesos, cuyos procedimientos y posteriores resultados se presentan a detalle en los Anexos A y B respectivamente.

Finalmente, una vez definidas tales características se realizó el diseño de las dosificaciones de concreto, para lo cual se utilizó el método de diseño ACI 211 del American Concrete Institute, tanto para la mezcla patrón, es decir, aquella sin adición de virutas de acero, cómo para aquellas con adición del 3%, 6% y 9% con respecto al peso de los agregados y el cemento distribuido de manera proporcional; por ejemplo: para la dosificación con 3% de virutas de acero, de la dosificación patrón se calculará el 1% del peso del agregado grueso, 1% del peso del agregado fino y 1% del peso del cemento, tales cantidades se sumarán y será el

total de viruta de acero en peso que se usará para tal mezcla, considerando el mismo cálculo para los dos porcentajes de adición considerados dentro de esta investigación.

### 3.2.2. DISEÑO DE LAS DOSIFICACIONES

De acuerdo con el método de diseño ACI 211, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

#### Datos para el diseño:

$$f'c = 280 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

#### Datos de los ensayos de laboratorio:

**Tabla 3**

*Granulometría del agregado fino*

<b>TAMICES</b>	<b>Peso</b>	<b>(%)</b>	<b>(%) Acum.</b>	<b>(%) Acum.</b>	<b>Límite</b>	<b>Límite</b>
<b>Pulg. (mm)</b>	<b>Ret. (g)</b>	<b>Ret.</b>	<b>Ret.</b>	<b>Que Pasa</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
3/8"	9.500	0	0,00	0,00	100.0	100.00
N°4	4.750	93.89	8.13	8.13	91.9	95.00
N°8	2.360	284.81	24.65	32.77	67.2	80.00
N°16	1.180	258.44	22.37	55.14	44.9	50.00
N°30	0.600	191.03	16.53	71.67	28.3	25.00
N°50	0.300	142.79	12.36	84.03	16.0	5.00
N°100	0.150	99.47	8.61	92.63	7.4	0.00
N°200	0.075	85.11	7.37	100.00	0.0	10.00
<b>Total:</b>	1155.54				<b>MF =</b>	<b>3.4437</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 4**

*Granulometría del agregado grueso*

<b>TAMICES</b>	<b>Peso</b>	<b>(%)</b>	<b>(%) Acum.</b>	<b>(%) Acum.</b>	<b>Límite</b>	<b>Límite</b>
<b>Pulg. (mm)</b>	<b>Ret. (g)</b>	<b>Ret.</b>	<b>Ret.</b>	<b>Que Pasa</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
1 1/2"	37.500	0	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	93.89	913.98	18.22	18.22	100.00
3/4"	19.000	284.81	2393.96	47.71	65.93	90.00
1/2"	12.500	258.44	1510.87	30.11	96.04	20.00
3/8"	9.500	191.03	103.01	2.05	98.09	0.00
N°4	4.750	142.79	92.89	1.85	99.94	0.00
N°200	0.075	85.11	2.91	0.06	100.00	5.00
<b>Total:</b>	5017.62				<b>MF =</b>	<b>7.6396</b>

Fuente: elaboración propia

El módulo de finura (MF) de los agregados es obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. } (1 \ 1/2", 1, \ 3/4", 1/2", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

**Tabla 5**

*Resultados de los ensayos de laboratorio realizados a los agregados*

		<b>Arena</b>	<b>Piedra</b>	<b>Cemento</b>
<b>Módulo de Finura</b>	[---]	3.44	7.64	---
<b>Tamaño Máximo Nominal</b>	[in]	---	1.00	---
<b>Peso Unitario Suelto</b>	[kg/m <sup>3</sup> ]	1589.98	1443.28	---
<b>Peso Unitario Compactado</b>	[kg/m <sup>3</sup> ]	1838.2	1575.5	---
<b>Peso Específico</b>	[kg/m <sup>3</sup> ]	2460	2680	3150
<b>Absorción</b>	[%]	2.37	0.68	---
<b>Contenido de Humedad</b>	[%]	1.74	0.47	---

Fuente: elaboración propia

Con los resultados de las características de los agregados, se sigue los siguientes pasos para la determinación de las dosificaciones de acuerdo con el método de diseño de la ACI 211:

### 1. Determinación de la resistencia promedio de diseño

**Tabla 6**

*Resistencia promedio*

<b><math>f'c</math></b>	<b><math>f'cr</math></b>
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

*Nota.* Datos tomados del método ACI 211

Fuente: elaboración propia con base en datos del American Concrete Institute (2009)

Para esta investigación:

$$f'cr = f'c + 84$$

$$f'cr = 280 + 84$$

$$f'cr = 364 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

## 2. Determinación del asentamiento

Tabla 7

*Asentamientos recomendados*

Consistencia	Asentamiento
Seca	0” a 2”
Plástica	3” a 4”
Fluida	$\geq 5$ ”

*Nota.* Datos tomados del método ACI 211

Fuente: elaboración propia con base en datos del American Concrete Institute (2009)

Se asumirán mezclas con consistencia plástica, por lo que el asentamiento adecuado debe estar entre 3” a 4”.

## 3. Relación agua/cemento (a/c)

Tabla 8

*Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto*

Resistencia a la compresión a los 28 días ( $f'cr$ ) [ $\text{kg/cm}^2$ ]	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

*Nota.* Datos tomados del método ACI 211

Fuente: elaboración propia con base en datos del American Concrete Institute (2009)

Con el  $f'cr$  obtenido de  $364 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ , mediante interpolación se determina la relación agua/cemento:

	$f'cr$	a/c
	400	0.43
	364	x
	350	0.48

Dando como resultado:

$$(400 - 350) \rightarrow (0.43 - 0.48)$$

$$(364 - 350) \rightarrow (x - 0.48)$$

$$50 \rightarrow -0.05$$

$$14 \rightarrow (x - 0.48)$$

$$x = \frac{14 \times (-0.05)}{50} + 0.48 \longrightarrow x \text{ (relación a/c)} = 0.4604$$

#### 4. Cálculo de la cantidad de agua de amasado

Tabla 9

Relación agua/cemento

Asentamiento	Agua en $\text{lt/m}^3$ , para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencias indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Nota. Datos tomados del método ACI 211

Fuente: elaboración propia con base en datos del American Concrete Institute (2009)

De la tabla se obtiene el volumen requerido de agua para  $1 \text{ m}^3$  de concreto: **193  $[\text{lt/m}^3]$** .

#### 5. Cálculo de la cantidad de cemento

Con la relación agua/cemento (R a/c) determinada anteriormente de 0.4604 y la cantidad de agua (a) de 193:

$$C = \frac{a}{R \text{ a/c}}$$

$$C = \frac{193}{0.4604}$$

$$\longrightarrow C = 419.2 \text{ [kg/m}^3] \approx 9.9 \text{ [bolsas/ m}^3]$$

## 6. Determinación del porcentaje de aire atrapado

**Tabla 10**

*Contenido de aire atrapado*

<b>Tamaño máximo nominal</b>	<b>Aire atrapado</b>
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
<b>1"</b>	<b>1.5%</b>
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

*Nota.* Datos tomados del método ACI 211

Fuente: elaboración propia con base en datos del American Concrete Institute (2009)

De acuerdo con las características físicas obtenidas de los agregados, el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1", por lo tanto, el **% de aire atrapado = 1.5**

## 7. Cálculo de la cantidad de agregado grueso

**Tabla 11**

*Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto*

<b>Tamaño máximo nominal del agregado grueso</b>	<b>Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino</b>					
	<b>Módulo de finura del agregado fino</b>					
	<b>2.60</b>	<b>2.80</b>	<b>3.00</b>	<b>3.20</b>	<b>3.40</b>	<b>3.60</b>
3/8"	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40	0.38
1/2"	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47
3/4"	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54
<b>1"</b>	<b>0.69</b>	<b>0.67</b>	<b>0.65</b>	<b>0.63</b>	<b>0.61</b>	<b>0.59</b>
1 1/2"	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66	0.64
2"	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66
3"	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69
6"	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75

*Nota.* Datos tomados del método ACI 211

Fuente: elaboración propia con base en datos del American Concrete Institute (2009)

Con los valores de Módulo de Finura = 3.44 del agregado fino y el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso = 1", interpolando los valores da como resultado:

	3.40	0.61
	3.44	x
	3.60	0.59

Dando como resultado:

$$(3.40 - 3.60) \rightarrow (0.61 - 0.59)$$

$$(3.44 - 3.60) \rightarrow (x - 0.59)$$

$$-0.20 \rightarrow 0.02$$

$$-0.16 \rightarrow (x - 0.59)$$

$$x = \frac{-0.16 \times (0.02)}{-0.20} + 0.59 \longrightarrow \mathbf{x \text{ (volumen del agregado grueso)} = 0.606}$$

Peso unitario compactado =  $1575.5 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  (dato)

**Peso unitario compactado seco =  $0.61 \times 1575.5 = 954.75 \text{ [kg/m}^3\text{]}$**

### 8. Cálculo del volumen absoluto de concreto para determinar la cantidad de agregado fino por $\text{m}^3$

$$\mathbf{\text{Volumen absoluto}} = \frac{\mathbf{\text{Peso seco}}}{\mathbf{\text{P.E.} \times 1000}}$$

$$\mathbf{\text{Cemento}} = \frac{419.2}{3.15 \times 1000} = 0.133 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\mathbf{\text{Agua}} = \frac{193}{1 \times 1000} = 0.193 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\mathbf{\text{Aire}} = 1.5 \% = 0.015 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\mathbf{\text{Agregado grueso}} = \frac{954.75}{2.68 \times 1000} = 0.356 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\mathbf{\text{Total, de volúmenes conocidos}} = 0.697 \text{ [m}^3\text{]}$$

**Contenido del agregado fino:**

$$\text{Volumen absoluto del agregado fino} = 1 - 0.697 = 0.303 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 0.303 \times 2.46 \text{ (P.E.)} \times 1000 = 744.57 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

**Peso seco de los materiales:**

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino} &= 744.57 \text{ [kg/m}^3\text{]} \\ \text{Agregado grueso} &= 954.75 \text{ [kg/m}^3\text{]} \end{aligned}$$

## 9. Corrección por humedad

$$\text{Peso} \times \left[ \frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right]$$

Para el agregado fino:

$$744.57 \times \left[ \frac{1.74}{100} + 1 \right] = 757.52 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Para el agregado grueso:

$$954.75 \times \left[ \frac{0.47}{100} + 1 \right] = 959.24 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

## 10. Corrección por absorción

$$\text{Peso seco} \times \left[ \frac{\% \text{ Absorción} - \% \text{ humedad}}{100} \right]$$

Para el agregado fino:

$$744.57 \times \left[ \frac{2.37 - 1.74}{100} \right] = 4.8 \text{ [lt/m}^3\text{]}$$

Para el agregado grueso:

$$954.75 \times \left[ \frac{0.68 - 0.47}{100} \right] = 2.0 \text{ [lt/m}^3\text{]}$$

$$\text{Sumatoria} = (4.8 + 2.0) = \mathbf{6.8 \text{ [lt/m}^3\text{]}}$$

## 11. Agua efectiva

Agua efectiva = Agua de mezclado (amasado) + Agua libre

$$\text{Agua efectiva} = 193 + 6.8 = 199.8 \longrightarrow \mathbf{\text{Agua efectiva} = 199.8 \text{ [lt/m}^3\text{]}}$$

## 12. Diseño teórico húmedo

$$C = \frac{a}{R a/c}$$

$$C = \frac{199.8}{0.4604}$$

→  $C = 433.97 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

### 13. Proporciones en peso con los valores corregidos

**Tabla 12**

*Proporciones en peso de los materiales del concreto patrón de estudio*

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
433.97	757.5	959.2	199.8
433.97	433.97	433.97	433.97
1:	1.75:	2.21:	0.46

Fuente: elaboración propia

**Tabla 13**

*Dosificación Patrón*

<b>Dosificación Patrón</b>	
<b>Material de referencia para el cálculo de la cantidad de virutas de acero:</b> agregado grueso, fino y cemento	
<b>Porcentaje de adición:</b> 0 %	
$f'c = 280 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$	
<b>Volumen referencial de concreto:</b> 0.02 m <sup>3</sup> (equivalente a 3 probetas cilíndricas + 1 viga)	
Material	Cantidad
Cemento	8.7 [kg]
Agua	4.0 [lt]
Agregado grueso	19.2 [kg]
Agregado fino	15.2 [kg]
Virutas de acero	-

Fuente: elaboración propia

Una vez realizados los cálculos para la dosificación patrón se obtuvieron las respectivas proporciones y cantidades de materiales para aquellas mezclas con adición de virutas de acero, cómo se muestra en las Tablas 14, 15, 16.

**Tabla 14**

*Dosificación con 3% de virutas de acero*

<b>Dosificación con 3% de virutas de acero</b>	
<b>Material de referencia para el cálculo de la cantidad de virutas de acero:</b> agregado grueso, fino y cemento	
<b>Porcentaje de adición:</b> 3 %	
$f'c = 280 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$	
<b>Volumen referencial de concreto:</b> 0.02 m <sup>3</sup> (equivalente a 3 probetas cilíndricas + 1 viga)	
Material	Cantidad
Cemento	8.7 [kg]
Agua	4.0 [lt]
Agregado grueso	19.2 [kg]
Agregado fino	15.2 [kg]
Virutas de acero	0.43 [kg]

Fuente: elaboración propia

**Tabla 15**

*Dosificación con 6% de virutas de acero*

<b>Dosificación con 6% de virutas de acero</b>	
<b>Material de referencia para el cálculo de la cantidad de virutas de acero:</b> agregado grueso, fino y cemento	
<b>Porcentaje de adición:</b> 6 %	
<b><math>f'c = 280</math> [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	
<b>Volumen referencial de concreto:</b> 0.02 m <sup>3</sup> (equivalente a 3 probetas cilíndricas + 1 viga)	
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	8.7 [kg]
Agua	4.0 [lt]
Agregado grueso	19.2 [kg]
Agregado fino	15.2 [kg]
Virutas de acero	0.85 [kg]

Fuente: elaboración propia

**Tabla 16**

*Dosificación con 9% de virutas de acero*

<b>Dosificación con 9% de virutas de acero</b>	
<b>Material de referencia para el cálculo de la cantidad de virutas de acero:</b> agregado grueso, fino y cemento	
<b>Porcentaje de adición:</b> 9 %	
<b><math>f'c = 280</math> [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	
<b>Volumen referencial de concreto:</b> 0.02 m <sup>3</sup> (equivalente a 3 probetas cilíndricas + 1 viga)	
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	8.7 [kg]
Agua	4.0 [lt]
Agregado grueso	19.2 [kg]
Agregado fino	15.2 [kg]
Virutas de acero	1.28 [kg]

Fuente: elaboración propia

### 3.2.3. ELABORACIÓN Y ENSAYO DE ESPECÍMENES

Una vez obtenidas las cantidades de materiales necesarias de las dosificaciones, se llevó a cabo la elaboración tanto de las probetas cilíndricas como de las vigas, las cuales fueron ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días tal como se indica a continuación:

**Figura 11**

*Peso de cantidades de materiales para elaboración del concreto*



Fuente: elaboración propia

**Figura 12**

*Preparación de las virutas de acero para elaboración del concreto con adición*



Fuente: elaboración propia

**Figura 13**

*Elaboración del concreto*



Fuente: elaboración propia

**Figura 14**

*Limpieza de los moldes para las probetas cilíndricas*



Fuente: elaboración propia

**Figura 15**

*Medición del asentamiento del concreto*



Fuente: elaboración propia

**Figura 16**

*Preparación de las probetas cilíndricas*



Fuente: elaboración propia

**Figura 17**

*Probetas cilíndricas*



Fuente: elaboración propia

**Figura 18**

*Preparación de los moldes para las probetas tipo viga*



Fuente: elaboración propia

**Figura 19**

*Probetas tipo viga*



Fuente: elaboración propia

**Figura 20**

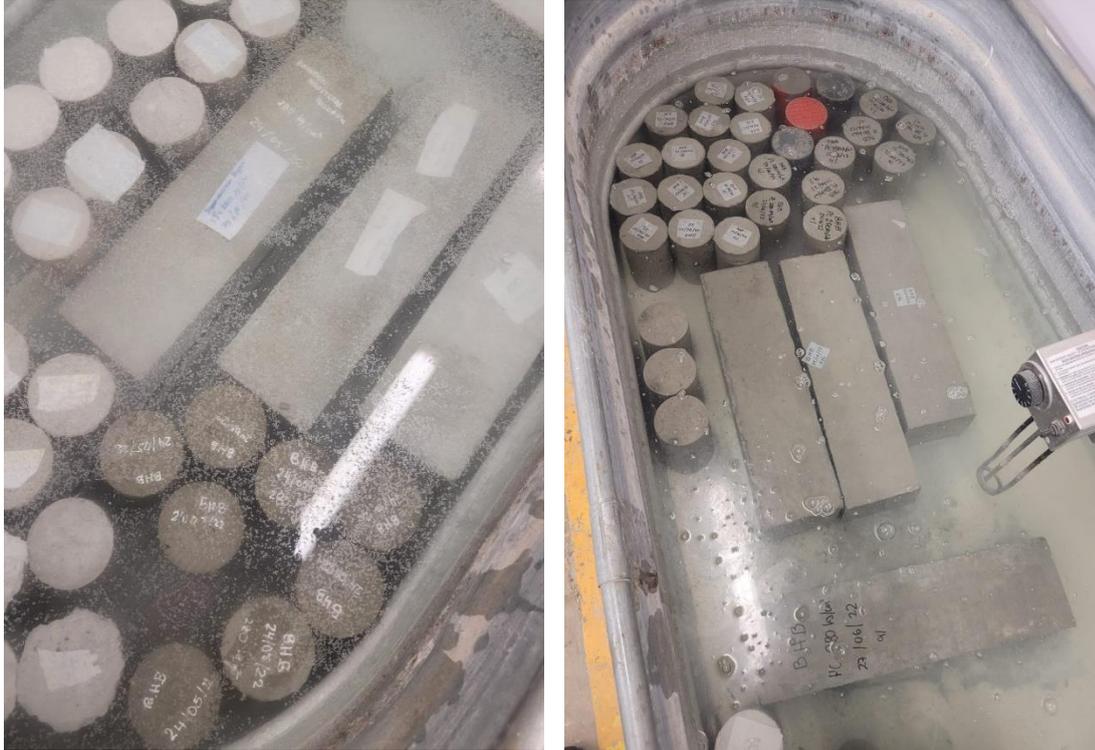
*Probetas desmoldadas*



Fuente: elaboración propia

**Figura 21**

*Curado de las probetas*



Fuente: elaboración propia

**Figura 22**

*Ensayo de resistencia a la compresión en las probetas cilíndricas*



Fuente: elaboración propia

**Figura 23**

*Ensayo de resistencia a la flexión en las probetas tipo viga*



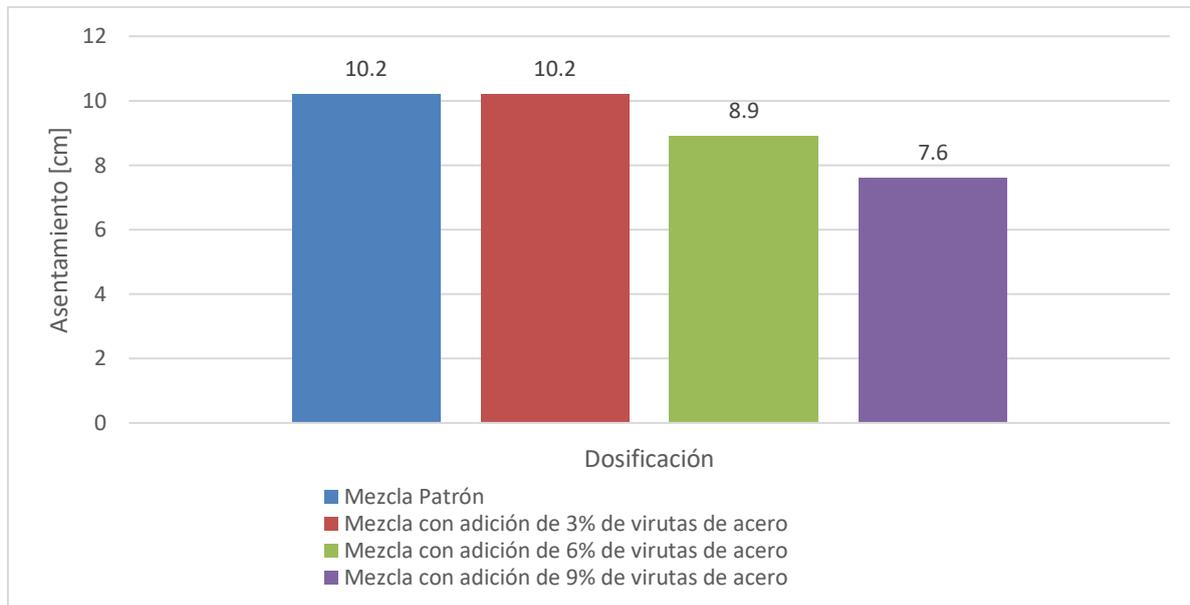
Fuente: elaboración propia

### **3.3. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO EN COMPARACIÓN CON EL DE UNA MEZCLA PATRÓN**

Una vez diseñadas las dosificaciones de concreto con y sin adición de virutas de acero, se elaboraron las mezclas de concreto y se procedió a medir el respectivo asentamiento previo a la elaboración de las probetas cilíndricas y tipo viga para la determinación de la resistencia a la compresión y flexión, cuyos resultados se muestran a continuación:

**Figura 24**

*Comparación de los resultados de asentamiento del concreto*



Fuente: elaboración propia

*Nota.* Los asentamientos fueron medidos en pulgadas, por lo que los resultados fueron 4”, 4”, 3.5” y 3” respectivamente y en ésta gráfica se presentan sus valores equivalentes en cm.

**Interpretación:** En el ensayo del cono de Abrams se pudo corroborar que a medida que era mayor la concentración de virutas de acero en la mezcla de concreto, el asentamiento disminuía, como se puede apreciar en la Figura 24, debido a que la inclusión de éstas virutas vuelve a la mezcla más seca y un poco menos manejable.

### **3.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=280$ KG/CM<sup>2</sup> CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO EN COMPARACIÓN CON LA DE UNA MEZCLA PATRÓN**

Una vez que las probetas cilíndricas fueron sometidas al proceso de curado durante los 7, 14 y 28 días respectivamente, estas fueron sometidas al ensayo de resistencia a la compresión en una máquina de carga universal hasta la rotura, cuyos resultados se muestran a continuación:

**Tabla 17**

*Tolerancias en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto*

Edad [días]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]		$f'c = 280$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	
	Límite inferior [%]	Límite superior [%]	Límite inferior [kg/cm <sup>2</sup> ]	Límite superior [kg/cm <sup>2</sup> ]
0	0	0	0	0
7	65	75	182	210
14	80	90	224	252
28	95	105	266	294

Fuente: elaboración propia con base en datos de Kosmatka et al. (2004)

**Tabla 18**

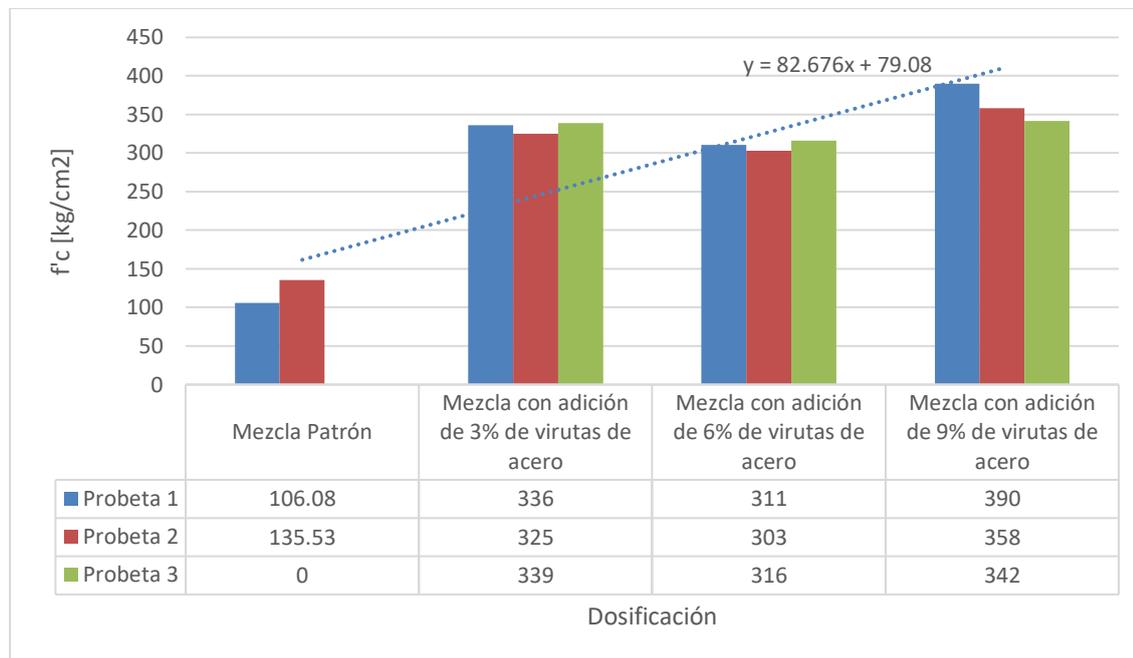
*Resultados promedio del ensayo a compresión a los 7 días*

N.º	Mezcla	Identificación probeta	Área [cm <sup>2</sup> ]	Resistencia a la compresión [kg/cm <sup>2</sup> ]	Resistencia promedio [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Patrón	MP-11	79.33	106.08	121
2	Patrón	MP-12	79.17	135.53	
3	Con 3% de virutas de acero	M11-3% VIRUTA DE ACERO	80.4	336	333
4	Con 3% de virutas de acero	M12-3% VIRUTA DE ACERO	80.4	325	
5	Con 3% de virutas de acero	M13-3% VIRUTA DE ACERO	80.7	339	
6	Con 6% de virutas de acero	M11-6% VIRUTA DE ACERO	80.5	311	310
7	Con 6% de virutas de acero	M12-6% VIRUTA DE ACERO	79.8	303	
8	Con 6% de virutas de acero	M13-6% VIRUTA DE ACERO	80.1	316	
9	Con 9% de virutas de acero	M11-9% VIRUTA DE ACERO	80.4	390	363
10	Con 9% de virutas de acero	M12-9% VIRUTA DE ACERO	79.6	358	
11	Con 9% de virutas de acero	M13-9% VIRUTA DE ACERO	80	342	

Fuente: elaboración propia

**Figura 25**

*Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días*



Fuente: elaboración propia

*Nota.* La tercera muestra tomada con la mezcla patrón sufrió una alteración, por ello sólo se ensayaron 2 muestras patrones

**Tabla 19**

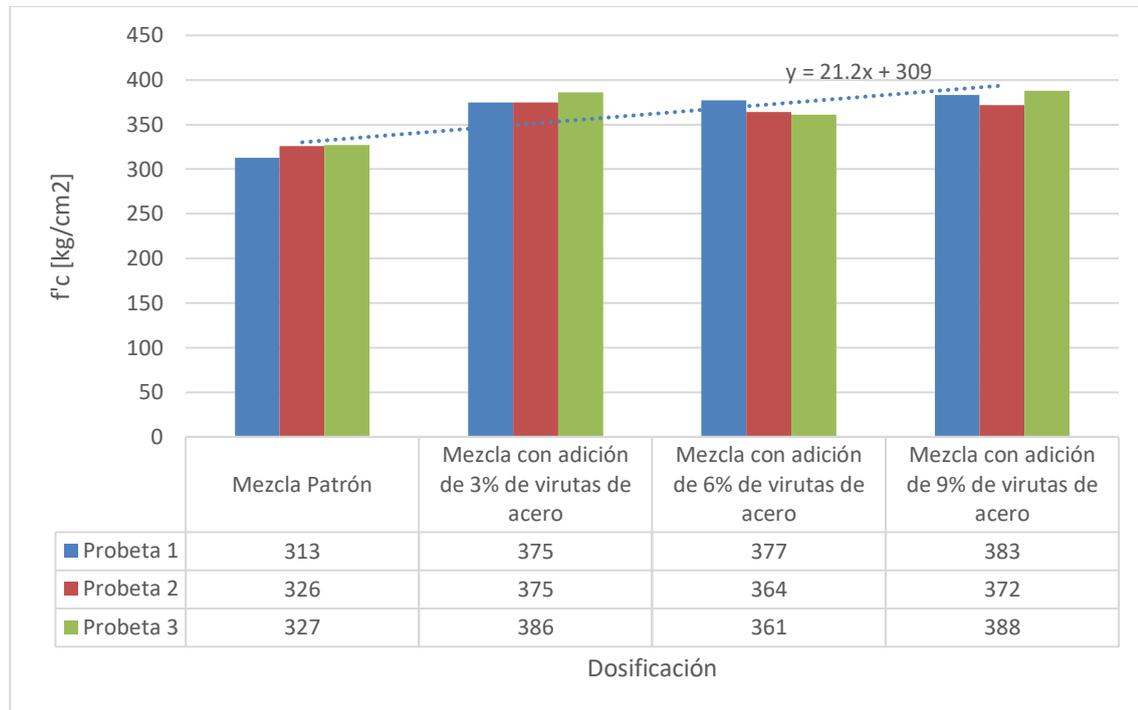
*Resultados promedio del ensayo a compresión a los 14 días*

N.º	Mezcla	Identificación probeta	Área [cm <sup>2</sup> ]	Resistencia a la compresión [kg/cm <sup>2</sup> ]	Resistencia promedio [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Patrón	MP-21	80.0	313	322
2	Patrón	MP-22	80.4	326	
3	Patrón	MP-23	80.4	327	
4	Con 3% de virutas de acero	M21-3% VIRUTA DE ACERO	80.4	375	379
5	Con 3% de virutas de acero	M22-3% VIRUTA DE ACERO	80.2	375	
6	Con 3% de virutas de acero	M23-3% VIRUTA DE ACERO	80.1	386	
7	Con 6% de virutas de acero	M21-6% VIRUTA DE ACERO	80.4	377	367
8	Con 6% de virutas de acero	M22-6% VIRUTA DE ACERO	80.0	364	
9	Con 6% de virutas de acero	M23-6% VIRUTA DE ACERO	80.4	361	
10	Con 9% de virutas de acero	M21-9% VIRUTA DE ACERO	80.0	383	381
11	Con 9% de virutas de acero	M22-9% VIRUTA DE ACERO	80.6	372	
12	Con 9% de virutas de acero	M23-9% VIRUTA DE ACERO	80.7	388	

Fuente: elaboración propia

**Figura 26**

*Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días*



Fuente: elaboración propia

**Tabla 20**

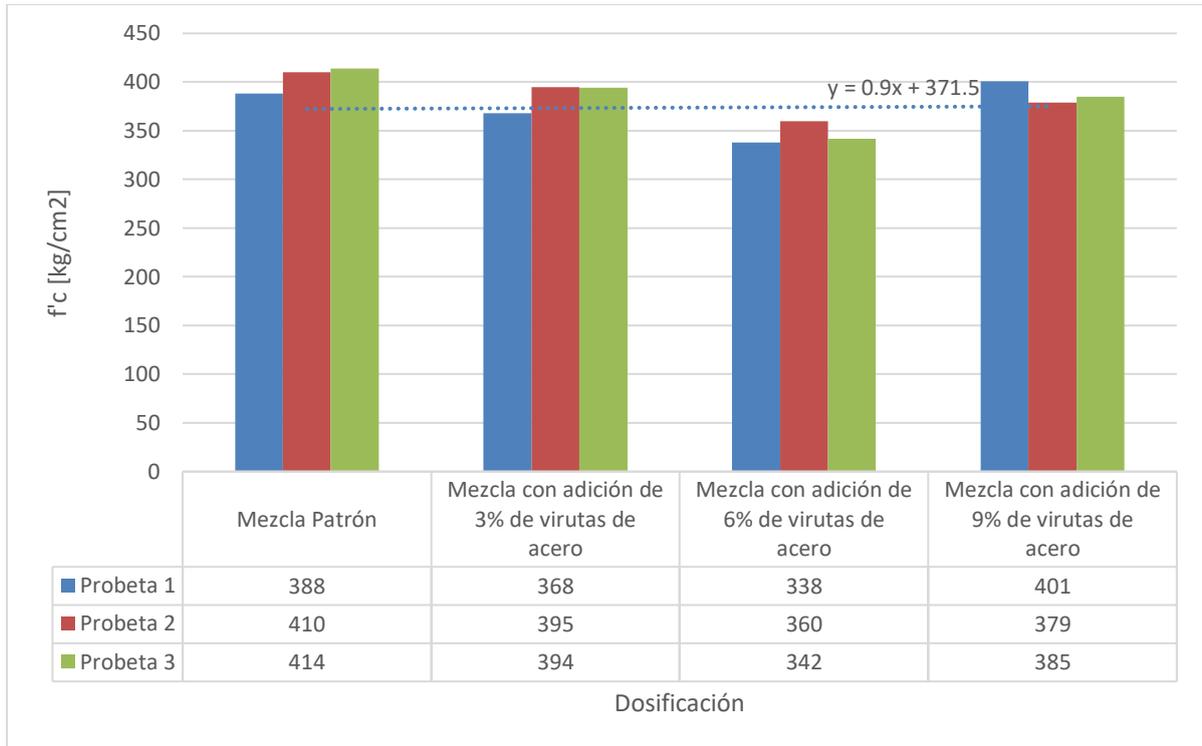
*Resultados promedio del ensayo a compresión a los 28 días*

N.º	Mezcla	Identificación probeta	Área [cm <sup>2</sup> ]	Resistencia a la compresión [kg/cm <sup>2</sup> ]	Resistencia promedio [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Patrón	MP-31	80.8	388	404
2	Patrón	MP-32	80.8	410	
3	Patrón	MP-33	80.4	414	
4	Con 3% de virutas de acero	M31-3% VIRUTA DE ACERO	80.7	368	386
5	Con 3% de virutas de acero	M32-3% VIRUTA DE ACERO	80.0	395	
6	Con 3% de virutas de acero	M33-3% VIRUTA DE ACERO	80.4	394	
7	Con 6% de virutas de acero	M31-6% VIRUTA DE ACERO	81.3	338	347
8	Con 6% de virutas de acero	M32-6% VIRUTA DE ACERO	80.3	360	
9	Con 6% de virutas de acero	M33-6% VIRUTA DE ACERO	81.2	342	
10	Con 9% de virutas de acero	M31-9% VIRUTA DE ACERO	80.4	401	388
11	Con 9% de virutas de acero	M32-9% VIRUTA DE ACERO	80.2	379	
12	Con 9% de virutas de acero	M33-9% VIRUTA DE ACERO	79.8	385	

Fuente: elaboración propia

**Figura 27**

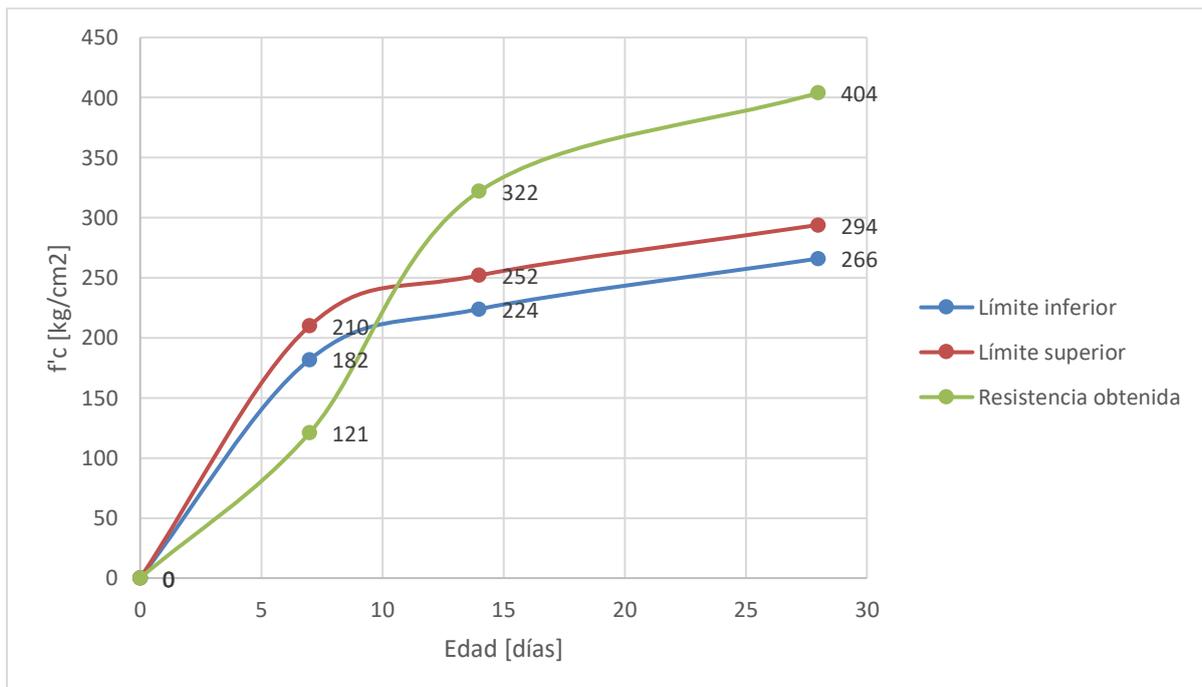
*Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días*



Fuente: elaboración propia

**Figura 28**

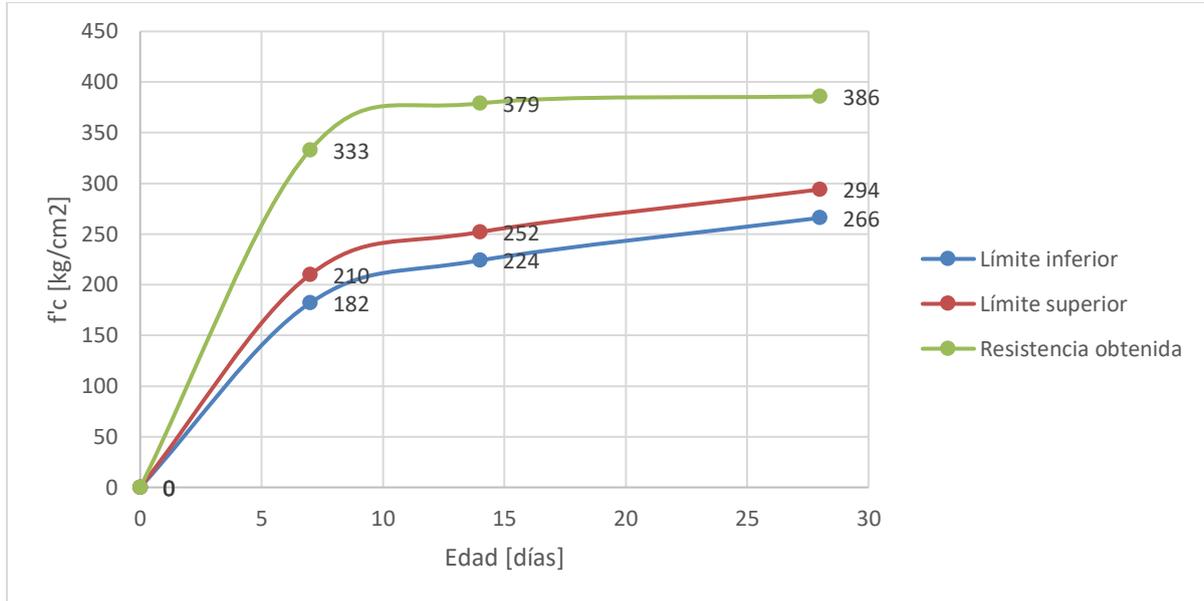
*Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón*



Fuente: elaboración propia

**Figura 29**

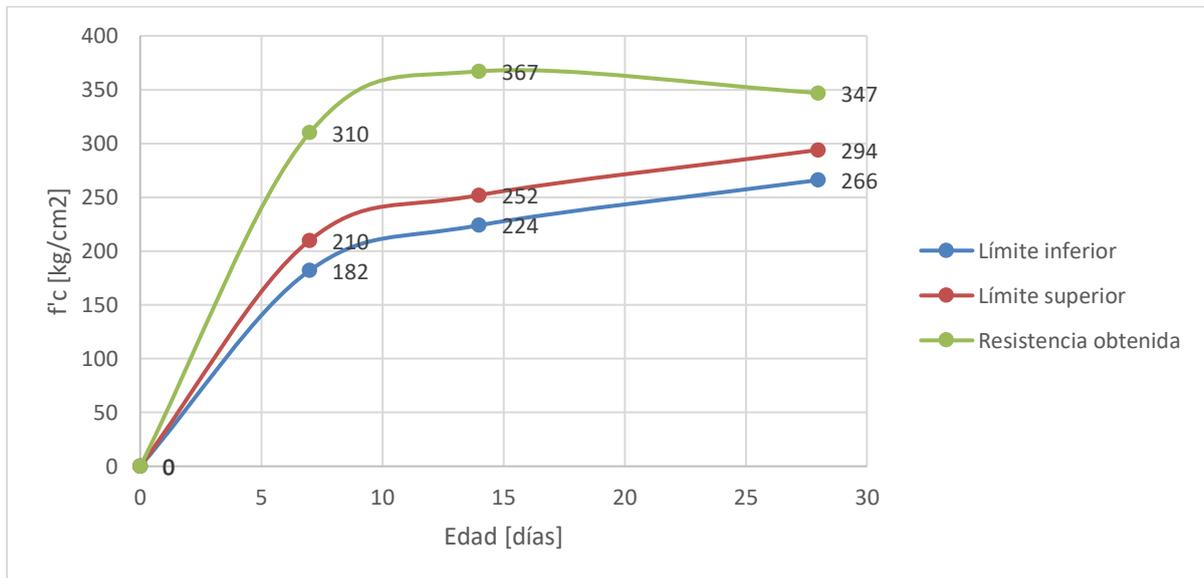
*Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla con adición de 3% de virutas de acero*



Fuente: elaboración propia

**Figura 30**

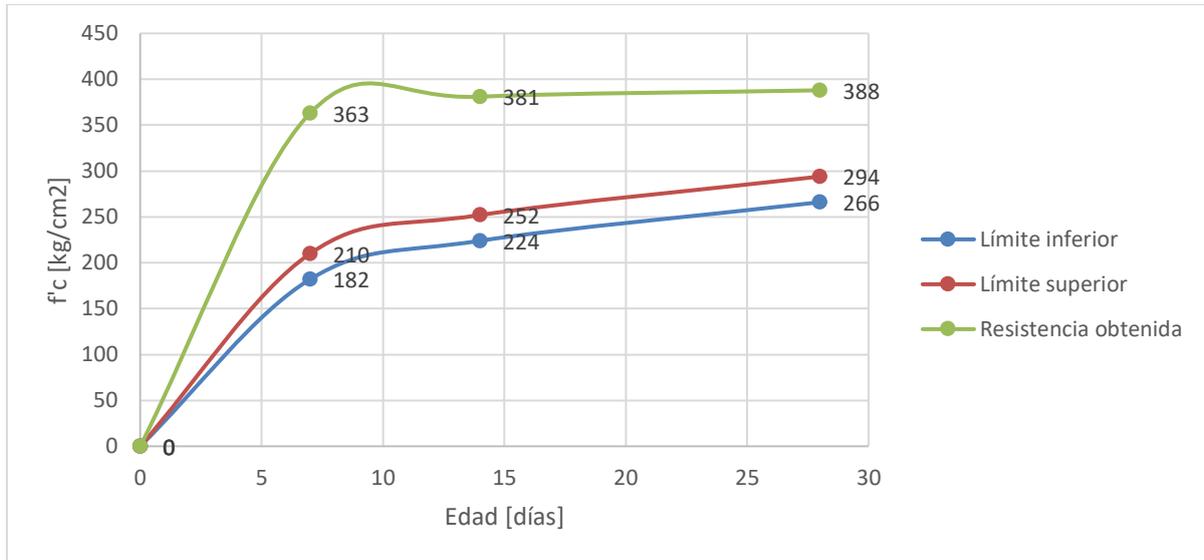
*Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla con adición de 6% de virutas de acero*



Fuente: elaboración propia

**Figura 31**

*Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla con adición de 9% de virutas de acero*

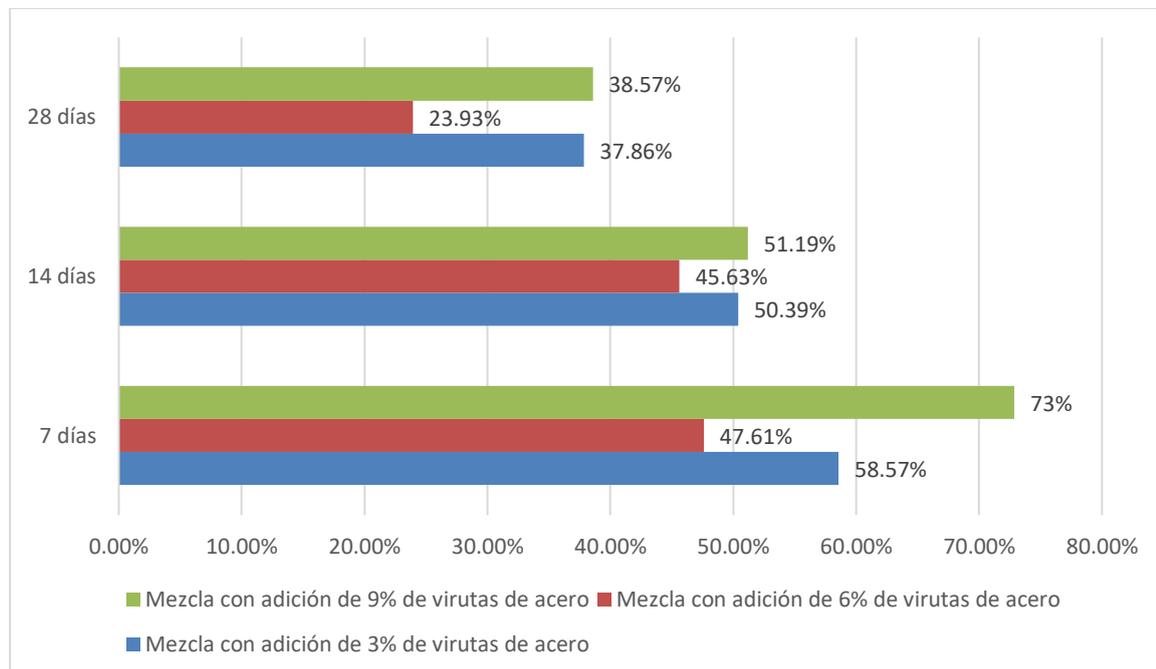


Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** Como se puede apreciar en las Figuras 29, 30 y 31, todas las mezclas de concreto con adición de virutas de acero superaron los límites de resistencia tanto inferior como superior esperados para las tres edades de ensayo, únicamente las probetas con concreto patrón a la edad de 7 días registraron una resistencia por debajo del límite inferior como se aprecia en la Figura 28. Se observó, además, que se obtuvieron los mejores resultados con la inclusión del 9% de virutas de acero.

**Figura 32**

*Relación de las adiciones de porcentajes en la resistencia a compresión del concreto*



Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** En la Figura 32 se puede observar las diferencias registradas en cuánto a las resistencias obtenidas en las muestras en cada una de las edades de ensayo con respecto a las resistencias esperadas para dicha edad conforme con lo indicado en la Tabla 17; es decir, para la edad de 7 días se esperaba obtener una resistencia máxima de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , mientras a los 14 días se esperaba obtener una resistencia máxima de  $252 \text{ kg/cm}^2$  y finalmente a los 28 días se esperaba obtener una resistencia máxima de  $280 \text{ kg/cm}^2$ . Sin embargo, cómo se presentó en las Figuras 29, 30 y 31, con la adición de las virutas de acero, se obtuvieron resistencias muy superiores a dichos valores esperados. Por lo que, se puede observar en base a dichas variaciones, que el porcentaje más eficiente de adición resultó ser 9%.

### 3.5. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO EN COMPARACIÓN CON LA DE UNA MEZCLA PATRÓN

Una vez que se elaboraron los cilindros para la determinación de la resistencia a la compresión, a la par se elaboraron los especímenes tipo vigas para la determinación de la resistencia a la flexión. Éstas una vez que cumplieron las edades requeridas (7, 14 y 28 días) fueron ensayadas en una máquina de compresión universal hasta la rotura. A continuación, se recopilan los resultados obtenidos para la determinación de los módulos de rotura, los cuales se expresan en MPa.

$$MR = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:

MR: Módulo de rotura (MPa)

P: Carga máxima aplicada (N)

L: Luz libre entre apoyos de la probeta (mm)

b: ancho promedio de la probeta (mm)

d: altura promedio de la probeta (mm)

**Tabla 21**

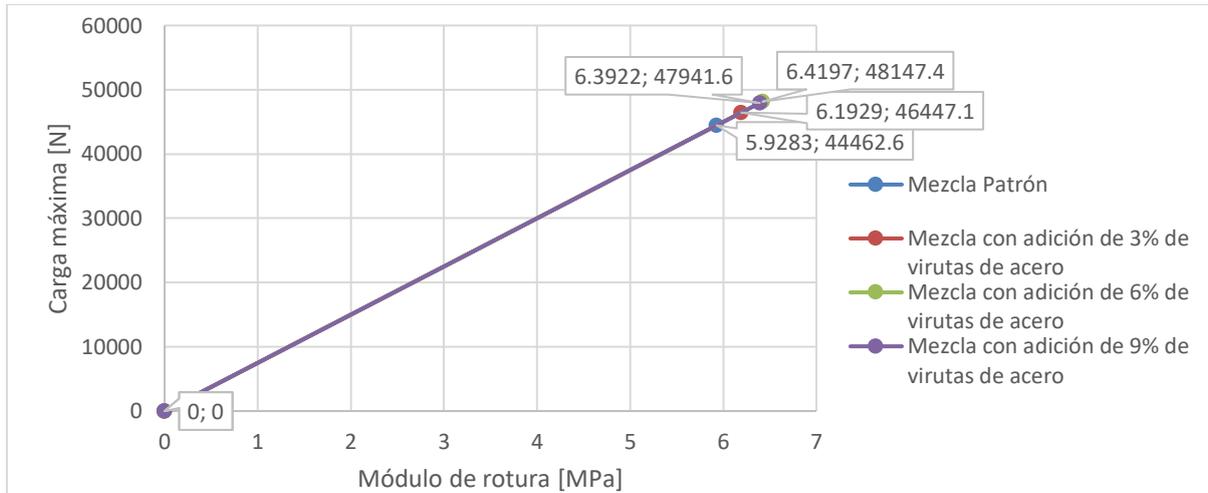
*Resultados del ensayo a flexión a los 28 días*

N.º	Mezcla	Identificación probeta	Ancho promedio [mm]	Altura promedio [mm]	Luz libre [mm]	Fuerza [N]	MR [MPa]
1	Patrón	VP	150	150	450	$44.46 \times 10^3$	5.93
2	Con 3% de virutas de acero	V-3% VIRUTA DE ACERO	150	150	450	$46.45 \times 10^3$	6.19
3	Con 6% de virutas de acero	V-6% VIRUTA DE ACERO	150	150	450	$48.15 \times 10^3$	6.42
4	Con 9% de virutas de acero	V-9% VIRUTA DE ACERO	150	150	450	$47.94 \times 10^3$	6.39

Fuente: elaboración propia

**Figura 33**

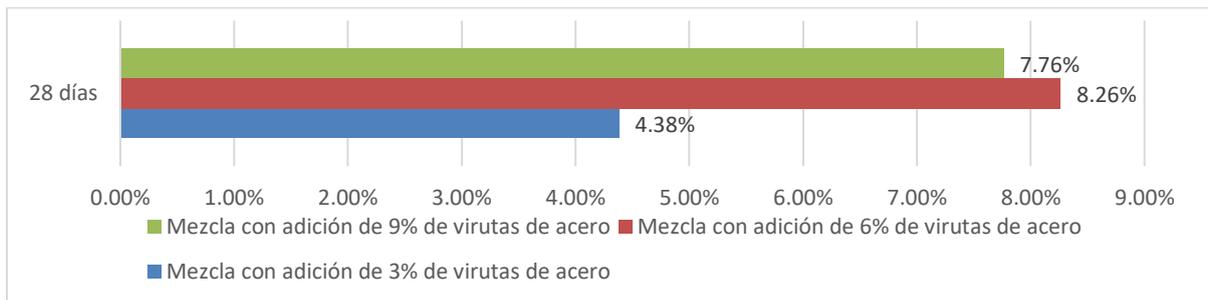
*Carga máxima vs Módulo de rotura*



Fuente: elaboración propia

**Figura 34**

*Relación de las adiciones de porcentajes en la resistencia a flexión del concreto*



Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** En el ensayo de resistencia a la flexión realizado a las vigas de concreto a la edad de 28 días, se pudo observar que la máxima carga soportada por estas fue de  $48.15 \times 10^3$  Newtons con un Módulo de Rotura equivalente de 6.42 MPa, que corresponde a la mezcla con adición de 6% de virutas de acero como se observa en la Figura 33. Mientras que en la Figura 34 se puede observar los incrementos de la resistencia a la flexión del concreto con la adición de cada uno de los diferentes porcentajes de adición de viruta con respecto a la resistencia obtenida en la mezcla patrón, de lo cual se puede evidenciar que a diferencia de lo que se registró en el ensayo a compresión, en el ensayo a flexión el porcentaje de adición más eficiente fue 6%.

### 3.6. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

#### **Contraste de hipótesis: Asentamiento del concreto $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup> con adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero en comparación con el de una mezcla patrón**

Para la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero no disminuye el asentamiento del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.

Ha: La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero disminuye el asentamiento del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.

El asentamiento del concreto se mantuvo en 10.2 cm (4") en la mezcla patrón y en aquella con adición de 3% de virutas de acero; sin embargo, disminuyó a 8.9 cm (3.5") en la mezcla con adición de 6% de virutas de acero y a 7.6 cm (3") en la mezcla con adición de 9% de virutas de acero respectivamente (ver Figura 24).

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha), demostrando que la adición de virutas de acero disminuye el asentamiento del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón.

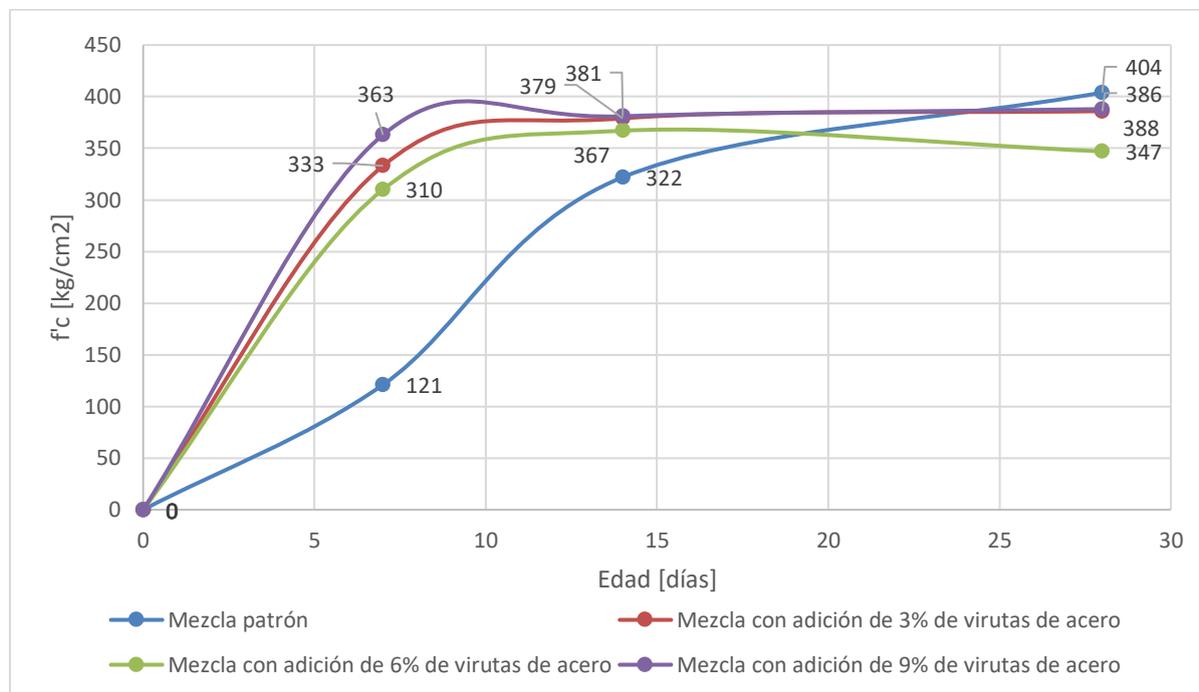
#### **Contraste de hipótesis: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup> con adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero en comparación con la de una mezcla patrón**

Ho: La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero no incrementa la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.

Ha: La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero incrementa la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.

**Figura 35**

*Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición de 3 porcentajes diferentes de virutas de acero*



Fuente: elaboración propia

El concreto se diseñó de tal manera que se alcanzara una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad, bajo este antecedente se puede afirmar que la hipótesis alternativa se cumplió satisfactoriamente. El concreto patrón alcanzó una resistencia máxima promedio de 121 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, con la inclusión del 3% de virutas de acero se alcanzó un incremento del 175.21% (333 kg/cm<sup>2</sup>) en la resistencia, con la inclusión del 6% de virutas de acero se alcanzó un incremento del 156.19% (310 kg/cm<sup>2</sup>) en la resistencia y con la inclusión del 9% de virutas de acero se incrementó en un 200% (363 kg/cm<sup>2</sup>).

Para la edad de 14 días, el concreto patrón alcanzó una resistencia máxima promedio de 322 kg/cm<sup>2</sup>, con la inclusión del 3% de virutas de acero se alcanzó un incremento del 17.70% (379 kg/cm<sup>2</sup>) en la resistencia, con la inclusión del 6% de virutas de acero se alcanzó un incremento del 13.98% (367 kg/cm<sup>2</sup>) en la resistencia y con la inclusión del 9% de virutas de acero se incrementó en un 18.32% (381 kg/cm<sup>2</sup>). Finalmente, a los 28 días el concreto patrón

alcanzó una resistencia máxima promedio de 404 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que en la mezcla con 3% de virutas de acero se produjo una disminución del 4.46% (386 kg/cm<sup>2</sup>), con la inclusión del 6% de virutas de acero se registró una disminución del 14.11% (347 kg/cm<sup>2</sup>) en la resistencia y en la mezcla con 9% de virutas de acero la resistencia disminuyó en un 3.96% (388 kg/cm<sup>2</sup>).

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), demostrando que la adición de virutas de acero incrementa la resistencia a la compresión del concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón. Sin embargo, a pesar de que todas las probetas superaron la resistencia de diseño a la edad de 28 días, cómo se puede observar, dicho incremento depende mucho del porcentaje de adición que se haya utilizado.

**Contraste de hipótesis: Resistencia a la flexión del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero en comparación con la de una mezcla patrón**

$H_0$ : La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero no incrementa la resistencia a la flexión del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.

$H_a$ : La adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero incrementa la resistencia a la flexión del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón, Lima 2022.

A los 28 días el concreto patrón alcanzó una resistencia máxima a la flexión de 5.92 MPa, mientras que en la mezcla con 3% de virutas de acero se alcanzó un incremento del 4.56% (6.19 MPa), en la mezcla con 6% de virutas de acero se alcanzó un incremento del 8.45% (6.42 MPa) y finalmente en la mezcla con 9% de virutas de acero la resistencia se incrementó en un 7.94% (6.39 MPa) (ver Figura 32).

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), demostrando que la adición de virutas de acero incrementa la resistencia a la flexión del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con una mezcla patrón.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. DISCUSIÓN

Rafael y Reynal (2020) en su trabajo de titulación estudiaron cómo la adición al 1%, 2.5% y 4% de virutas de acero afecta a las propiedades mecánicas de un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>; por lo tanto, elaboraron 63 probetas cilíndricas (54 con concreto con viruta de acero y 9 con concreto patrón) y 21 vigas (18 con concreto con viruta de acero y 3 con concreto patrón) para ser sometidas a ensayos de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días y flexión a los 28 días respectivamente. Los resultados demostraron que; en términos de consistencia, mientras mayor fue el porcentaje de viruta, más seca y menos trabajable se volvió la mezcla, en términos de resistencia a la compresión a los 28 días, con 1% de adición se obtuvieron incrementos de hasta 24.11% con respecto al concreto patrón y finalmente en términos de resistencia a la flexión igualmente a los 28 días, con 4% de adición de virutas de acero se obtuvieron incrementos de hasta 22.88% con respecto al concreto patrón.

Al comparar aquellos resultados con los obtenidos en esta investigación, es posible aseverar que, si bien un concreto en estado fresco con la adición de virutas de acero pierde trabajabilidad, es decir, pasa de tener una consistencia plástica a seca, sus propiedades mecánicas estudiadas en estado endurecido (resistencia a la compresión y resistencia a la flexión) mejoran considerablemente; sin embargo, los resultados que se vayan a obtener, los cuales están directamente asociados al porcentaje óptimo de utilización, depende mucho de diversos factores como: la calidad de los materiales que se estén utilizando en la mezcla, así como la forma en que se haya elaborado el concreto, tiempo y condiciones de curado, edad de ensayo de los especímenes.

Una limitación presentada con respecto a este punto vendría dada por las características de las virutas de acero utilizadas en la mezcla, puesto que, al haber utilizado un "tamaño estándar" y no haber experimentado con virutas con diferentes grosores o tamaños, se desconoce cual sea el efecto en términos de manipulación y compactación de la mezcla en los moldes.

Palomino y Palomino (2021) llevaron a cabo su tesis de pregrado con el objetivo principal de determinar qué influencia tiene la viruta de acero al ser utilizada como reemplazo parcial del agregado grueso en una mezcla de concreto; para lo cual, fabricaron un total de 36 muestras cilíndricas considerando tres diferentes porcentajes de reemplazo (1%, 2% y 3%), así como una mezcla de concreto patrón, las cuales fueron ensayadas a compresión las edades de 7, 14 y 28 días. Los resultados permitieron evidenciar cómo con los tres porcentajes de sustitución del agregado grueso por virutas de acero los asentamientos fueron mayores que el de la mezcla patrón (3 ¾"), con valores de 5 ½", 5 ¾" y 4 ½".

Al realizar una comparación con los resultados obtenidos en esta investigación, en la cual, los asentamientos registrados fueron 4", 3 ½" y 3" al adicionar 3%, 6% y 9% de virutas de acero respectivamente, es posible afirmar que, si se utilizan las virutas de acero como reemplazo parcial de uno de los agregados no existe una relación claramente definida entre el asentamiento y el porcentaje utilizado, puesto que se evidenciaron incrementos y decrementos en los resultados. Por el contrario, si se respetan las cantidades obtenidas en el diseño de la dosificación tanto de agregados fino y grueso como de cemento y las virutas de acero son utilizadas únicamente a manera de aditivo (como es el caso de ésta investigación), se presenta claramente una relación inversamente proporcional entre el porcentaje utilizado y el asentamiento del concreto, lo cual se debe a que, a medida que se incrementa la cantidad

utilizada de estos filamentos la mezcla de concreto se vuelve más consistente y por ende menos trabajable, pero esto se compensa notoriamente al obtener mayores valores de resistencias.

Una limitación presentada con respecto a la relación cantidad de virutas de acero- asentamiento vendría dada por el hecho de que, de acuerdo con la bibliografía consultada, el porcentaje óptimo de virutas de acero utilizado no debería exceder el 10%, ya que pasado dicho valor, si bien es probable que se sigan incrementando las propiedades del concreto en estado endurecido (lo cual se desconoce), llegará un punto en que la pasta adquirirá una consistencia que la volverá demasiado difícil de manejar con un asentamiento cercano al cero y allí no se aseguraría su correcta colocación en los moldes, por lo que, probablemente se desmoronen los especímenes al ser desmoldados.

Alfaro y Cuadra (2020) en su proyecto de titulación estudiaron la influencia de incluir virutas de acero al 1.5%, 3.5%, 5% y 7.5% como alternativa de mejora de las propiedades mecánicas un concreto de  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>. Para lo cual recurrieron a la elaboración de 75 probetas de concreto tanto con adición y sin adición (concreto patrón) de las virutas; de las cuales 45 fueron cilindros para ser ensayados a compresión a los 7, 14 y 28 días, 15 fueron vigas prismáticas sometidas a ensayos de flexión y las 10 restantes fueron de igual manera vigas, pero sometidas a ensayos de tracción indirecta, en los dos últimos casos únicamente a la edad de 28 días. Los resultados demostraron que, en el ensayo de compresión se registraron incrementos en la resistencia entre el 2.7% y el 20.08%, con respecto a los resultados de las muestras patrón; siendo 3.5% el porcentaje óptimo de inclusión de virutas de acero, debido a que, fue con el que se presentaron los mejores resultados.

Al realizar una comparación con los resultados obtenidos en esta investigación se observaron dos cosas importantes; primero, a los 7 y 14 días de ensayo se registraron incrementos en la resistencia entre el 156.19% y el 200% a los 7 días y entre el 13.98% y el

18.32% a los 14 días respectivamente, con respecto a los resultados de las muestras patrón, siendo 9% el valor con el que se presentaron los mejores resultados, pero 3% fue el segundo mejor porcentaje. Por lo que, se concuerda de manera parcial con lo mencionado con la tesis tomada como referencia, esto debido a que, si bien al utilizar de 3 a 3.5% de virutas de acero en una mezcla de concreto se esperaba obtener un material con sus propiedades mejoradas, cómo se ha demostrado, dichos resultados pueden mejorarse aún más con la adición de un porcentaje mayor de virutas, en este caso 9%.

La segunda observación importante viene dada en el hecho de que, si bien en esta investigación a los 28 días todos los especímenes con adición de virutas de acero registraron resistencias por encima del valor de diseño (280 kg/cm<sup>2</sup>), con valores entre 347 y 388 kg/cm<sup>2</sup>, estos valores estuvieron por debajo de los registrados en el concreto patrón que alcanzó 404 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa decrementos en las resistencias entre 3.96% y 14.11%; pero esto no significa que las probetas no hayan alcanzado los valores mínimo o máximo esperados en las resistencias para dicha edad (cómo se muestra en la Tabla 17), ya que por el contrario dichos valores fueron muy superiores a lo esperado. Sin embargo, a pesar de este echo particular, se reafirmó que 9% fue el valor óptimo de adición de virutas de acero, puesto que, al igual que con las probetas ensayadas a los 7 y 14 días, con dicho valor se registraron las mayores resistencias a los 28 días.

Una limitación presentada con respecto a la relación cantidad de virutas de acero-resistencia a la compresión vendría dada por el hecho de que, como lo evidenciaron Herrera y Silva (2021), al utilizar virutas de acero en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5% las resistencias a compresión de los especímenes elaborados en lugar de aumentar disminuyeron, por lo que, se reafirma la decisión acertada de haber trabajado en esta investigación con valores de adición entre el 3% y 9%.

Camarena y Díaz (2022), realizaron una investigación en la cual uno de sus objetivos fue analizar la influencia de incluir escoria de acero como reemplazo del agregado fino al 10%, 15% y 20% en la resistencia a la flexión en el concreto de  $f'_c= 20594$  kPa. Para ello, se realizaron 24 probetas que fueron sometidas a ensayos de flexión a las edades de 7, 14 y 28 días (2 probetas por cada edad y por cada porcentaje de reemplazo, así como 2 con concreto patrón). Los resultados permitieron concluir que, el porcentaje óptimo de reemplazo del agregado fino por viruta de acero fue el 10%, pues fue con el que se registró un incremento promedio del 3.7% en el módulo de rotura a los 28 días, con respecto a la mezcla patrón.

Mientras que, en esta investigación, el mejor resultado se lo obtuvo con la adición de 9% de virutas de acero, porcentaje con el cual se registró un incremento del 8.29% en el módulo de rotura de igual manera con respecto a la mezcla patrón. Por lo que, al comparar tales resultados, se puede concluir que cuando se desee obtener una mejoría en la resistencia a flexión del concreto, el porcentaje óptimo a ser utilizado de viruta de acero en la mezcla debe rodear el 10%.

Finalmente, una limitación presentada con respecto a la relación cantidad de virutas de acero-resistencia a la flexión vendría dada por el hecho de que, no siempre se va a obtener el mismo desempeño en cuanto a resistencia a la compresión y resistencia a la flexión con el mismo valor de virutas de acero; es decir, se demostró en cuánto a la prueba de compresión que el porcentaje óptimo de inclusión fue 9%, mientras que para la prueba de flexión fue 6%, por lo que, si al utilizar un determinado porcentaje de inclusión de virutas de acero ya sea como aditivo o como reemplazo parcial de uno de los componentes del concreto, éste no alcanza las resistencias esperadas a compresión no se debe concluir de manera precipitada que tampoco se alcanzarán los resultados esperados a flexión o viceversa.

## 4.2. CONCLUSIONES

- Por medio de una previa y exhaustiva revisión de literatura al respecto de la influencia de las virutas de acero en el concreto y gracias a los ensayos de laboratorio realizados, fue posible el llevar a cabo el análisis y comparación de las propiedades físico-mecánicas de un concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco y endurecido tanto con y sin adición de diferentes porcentajes de estas virutas de acero, demostrando que éstas ayudan a mejorar de manera considerable el comportamiento del concreto cuando son incluidas en la dosificación.
- A medida que se incrementa el porcentaje de inclusión de virutas de acero en la mezcla de concreto (en relación con el peso del cemento y los agregados) disminuye el asentamiento de éste en comparación con una mezcla patrón, es decir, existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de virutas de acero en el concreto y su asentamiento, ya que la mezcla se vuelve menos fluida y trabajable; sin embargo, esto se compensa con una mayor capacidad de resistencia de los esfuerzos a los que será sometido una vez haya alcanzado el estado endurecido. Por lo que se concluye que, la utilización de virutas de acero resulta viable en la elaboración de diversos tipos de concreto, aun cuando éstos filamentos disminuyen su trabajabilidad en estado fresco.
- Se demostró que con la inclusión de entre el 3% y 9% de virutas de acero, la resistencia a la compresión del concreto se incrementa aproximadamente entre 10.71% y 38.57% con respecto a la resistencia de diseño ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), como se pudo apreciar en las Figuras 28, 29 y 30, las cuales recopilan un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. Adicionalmente, cabe acotar que, únicamente las mezclas con concreto patrón ensayadas a los 7 días no alcanzaron el límite de resistencia inferior esperado para esa edad debido a que, en el

laboratorio donde se realizó la mezcla de concreto no se contaba con los moldes idóneos para elaborar los especímenes adecuados, razón por la cual se optó por cambiar de instalaciones para terminar los ensayos restantes. Por lo que se concluye por un lado que, resulta imperativo contar con las condiciones adecuadas al momento de realizar tanto el concreto como los especímenes y el posterior ensayo de estos, para que los resultados no se alteren como se evidenció en esta investigación; sin embargo, por otro lado, se concluye que, la adición de virutas de acero efectivamente incrementa la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

- De acuerdo con la literatura consultada, para concretos de peso normal su resistencia a la flexión suele estar comprendida entre el 0.7 y 0.8 de  $\sqrt{f'c}$ , por lo que, para esta investigación la resistencia a la flexión esperada para las vigas ensayadas debía estar comprendida entre 3.67 y 4.19 MPa. Sin embargo, se obtuvo una resistencia a la flexión máxima de 5.93 MPa en el concreto patrón y 6.42 MPa en la mezcla con 6% de virutas de acero a la edad de 28 días en ambos casos. Con lo cual, además de que el concreto elaborado superó lo mínimo esperado en cuanto a resistencia a flexión, se evidenció también que, la adición de virutas de acero en la mezcla incrementó aquella resistencia en un 53.22% aproximadamente. Por lo que se concluye que, la adición de virutas de acero efectivamente incrementa la resistencia a la flexión del concreto de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3. RECOMENDACIONES

- Si bien el uso de virutas de acero potencia satisfactoriamente las propiedades físico-mecánicas del concreto cómo se ha demostrado, se recomienda cómo ya se mencionó anteriormente, no descuidar una serie de detalles importantes como el proceso de elaboración de los especímenes de ensayo, así como el proceso de curado o la calidad de los materiales utilizados, entre otros, ya que de esto también depende que el concreto se desarrolle adecuadamente y alcance sus máximos valores tanto de resistencia a la compresión como a la flexión.
- En vista de que la inclusión de virutas de acero disminuye la trabajabilidad del concreto, se recomienda prestar especial cuidado en el proceso de colocación, compactación y martilleo de la mezcla en los moldes para evitar la presencia de huecos o vacíos en los especímenes que pudieran ocasionar fracturas o fallas prematuras en estos al momento de someterlos a los ensayos de compresión.
- Se recomienda llevar a cabo una etapa previa a la realización de los especímenes definitivos de ensayo, que contemple una experimentación con diferentes porcentajes de inclusión de las virutas en el concreto, para de esa manera seleccionar los valores óptimos de inclusión, lo que permita tener una idea preliminar de qué esperar durante los ensayos, además de lograr los mejores resultados en cuanto a las propiedades mecánicas y disminuir el margen de errores.

## REFERENCIAS

- Alfaro, S., & Cuadra, E. (2020). *Adición de viruta de acero y agregados de la cantera Milagro en el mejoramiento de las características mecánicas del concreto, Trujillo 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo], Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58077>
- Almeshal, I., Tayeh, B., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., & Mohamed, A. (2020). Eco-friendly concrete containing recycled plastic as partial replacement for sand. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 4631-4643. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.02.090>
- American Concrete Institute. (2009). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-98)*. Farmington Hills: ACI Manual of Concrete Practice.
- ASTM International. (2021). *ASTM C39/C39M-21. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. [https://doi.org/10.1520/C0039\\_C0039M-21](https://doi.org/10.1520/C0039_C0039M-21)
- Bedoya, C. (2017). Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 11(1), 1-9. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193955500001>
- Borja, M. (2016). *Metodología de investigación científica para ingenieros*. <https://bit.ly/3bcr3DO>
- Buenaño, C. (2018). *Determinación de un porcentaje de resina de poliéster en un concreto polimérico para alcanzar una alta resistencia a la compresión*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato], Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27997>

- Bustamante, E. (2022). *Análisis del diseño de concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> con cemento Portland Tipo I (andino) y cemento Portland tipo GU (Apu), con agregados de la cantera Nueva Piura del distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali-2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali], Repositorio Institucional UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5255>
- Cabanillas, E. (2017). *Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca], Cajamarca, Perú. <https://bit.ly/31AjOQG>
- Camarena, A., & Díaz, D. (2022). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad del concreto tradicional versus un concreto utilizando escoria de acero como agregado fino. *Gaceta Técnica*, 23(1), 20-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.3>
- Caruajulca, L. (2021). *Sustitución del agua de amasado por SikaCem® Plastificante para mejorar las propiedades del concreto de alta resistencia, Cajamarca 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo], Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/80743>
- Chugchilan, N. (2020). *Estudio comparativo de la resistencia a flexión de vigas convencionales con vigas reforzadas con resina poliéster líquida*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato], Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31616>
- Colomé, D., & Femenia, P. (2018). *Metodología de investigación para cursos de posgrado en ingeniería*. [https://www.researchgate.net/publication/332652994\\_METODOLOGIA\\_DE\\_INVESTIGACION\\_PARA\\_ESTUDIANTES\\_DE\\_POSGRADO\\_EN\\_INGENIERIA](https://www.researchgate.net/publication/332652994_METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION_PARA_ESTUDIANTES_DE_POSGRADO_EN_INGENIERIA)

- Condori, E., & Palomares, V. (2018). *Análisis del comportamiento mecánico del concreto con adición de virutas de acero recicladas para pavimentos rígidos en Lima, 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo], Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34375>
- Díaz, M. (2015). *Correlación entre la porosidad y la resistencia del concreto*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma], Repositorio URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/103>
- Herrera, D., & Silva, N. (2021). *Efectos de la adición de viruta de acero en la resistencia a compresión del concreto, aplicado en el estudio de pavimentación de la U.V Ernesto Vélchez Alcántara, distrito y provincia de Ferreñafe, departamento Lambayeque, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo], Repositorio Institucional UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9925>
- Illanes, C. (2019). *Mejora del módulo de rotura del concreto al adicionar fibras de acero trefilados en los pavimentos rígidos en la ciudad de Huaraz - 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo], Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/32336>
- Inca, M., & Mendoza, M. (2019). *Adición del propileno para incrementar la resistencia a compresión del concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo], Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44949>
- INDECOPI. (2012). *Norma Técnica Peruana NTP 339.078: CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. [https://kupdf.net/download/ntp-339078-ensayo-de-flexionpdf\\_5bc7cd13e2b6f5c848d97b35\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-339078-ensayo-de-flexionpdf_5bc7cd13e2b6f5c848d97b35_pdf)

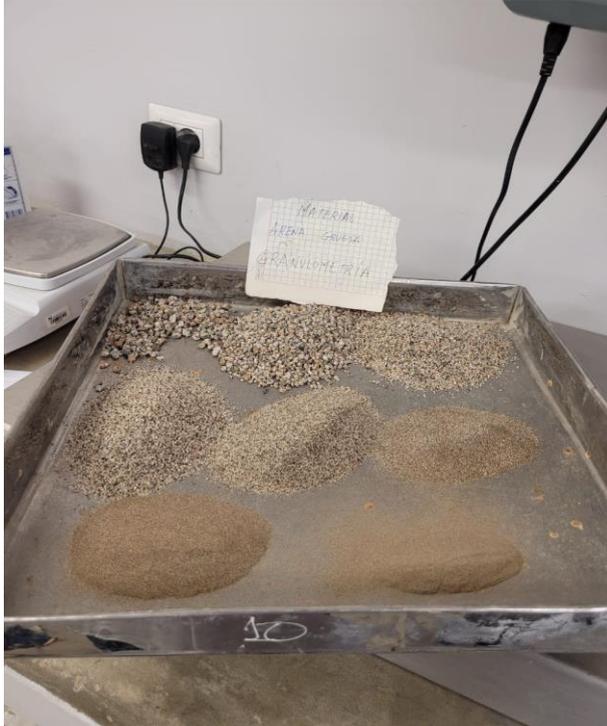
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (Primera edición ed.). Portland Cement Association.  
[https://www.academia.edu/34735384/Portland\\_Cement\\_Association](https://www.academia.edu/34735384/Portland_Cement_Association)
- Mejia, K. (2019). *Caracterización del concreto a base de papel reciclado (Paper Crete) como elemento estructural en la construcción de viviendas unifamiliares para asentamientos humanos en el distrito de Veintiséis de Octubre-Piura-Piura, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo], Repositorio UCV.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/43810>
- Ochoa, L. (2018). *Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos*. [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán], DSpace Principal USS.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/4571>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. Sampling Techniques on a Population Study. *Int. J. Morphol*, 35(1), 227-232. :  
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Palomino, A., & Palomino, J. (2021). *Influencia de la viruta de acero como reemplazo del agregado grueso para mejorar la resistencia en un concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, Trujillo-2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte], Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/30976>
- Pérez, R. (2021). *La Viruta de Acero como Sustituto del Agregado Fino y Sus Propiedades en el Concreto*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de los Andes], Repositorio UPLA. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/3080>
- Rafael, B., & Reynal, A. (2020). *Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Trujillo 2020*. [Tesis de

- pregrado, Universidad Privada del Norte], Repositorio Institucional UPN.  
<https://hdl.handle.net/11537/26571>
- Riveros, G., & Vilca, J. (2021). *Propuesta de diseño de las propiedades mecánicas del concreto con adición de viruta de acero fundido en reemplazo parcial del agregado fino*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas], Repositorio académico UPC.  
<http://hdl.handle.net/10757/655018>
- Robles, B. (2019). Población y muestra. *Pueblo Continente*, 30(1), 245-246.  
<https://doi.org/10.22497/PuebloCont.301.30121>
- Rodríguez, D. (2019). *Análisis del comportamiento mecánico de adoquines bicapa de concreto con adición de cenizas volantes y viruta de acero como refuerzo*. [Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander], Repositorio Institucional UFPS Seccional Ocaña. <http://repositorio.ufpso.edu.co/jspui/handle/123456789/2167>
- Rogel, E. (2017). *Determinación de las propiedades mecánicas de un hormigón con sustitución parcial y total del cemento por una resina de poliéster*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato], Repositorio Universidad Técnica de Ambato.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26835>
- Soto, M., & Marín, J. P. (2019). *Análisis del concreto con caucho como aditivo para aligerar elementos estructurales*. [Tesis de pregrado, Universidad Libre Seccional], Repositorio Institucional Unilibre. <https://hdl.handle.net/10901/17858>
- Tamayo, C., & Silva, I. (2017). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*.  
<https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/cienciasde-la-educacion/23.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO

Agregado fino



Agregado grueso



### Pesaje del agregado fino



### Ensayo de granulometría al agregado fino



### Pesaje del agregado grueso



### Ensayo de granulometría al agregado grueso



### Pesaje del agua



### Peso y volumen del molde previo al ensayo de peso suelto y compactado del agregado fino



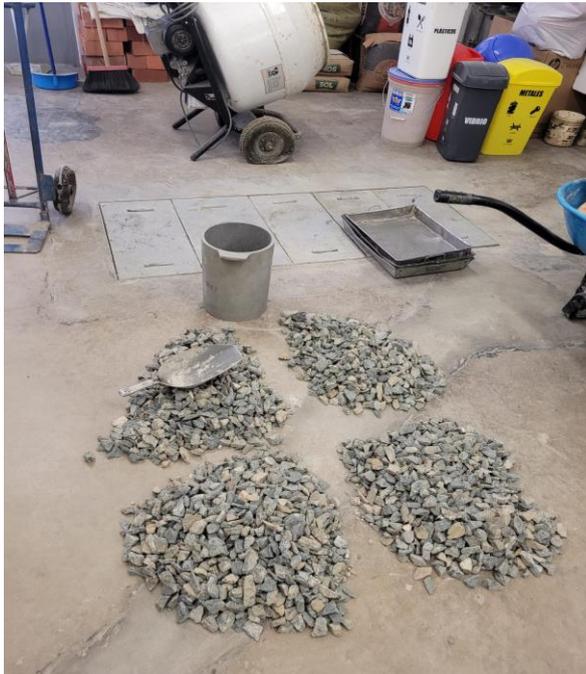
Ensayo de peso suelto y compactado del agregado fino



Peso y volumen del molde previo al ensayo de peso suelto y compactado del agregado grueso



### Ensayo de peso suelto y compactado del agregado grueso



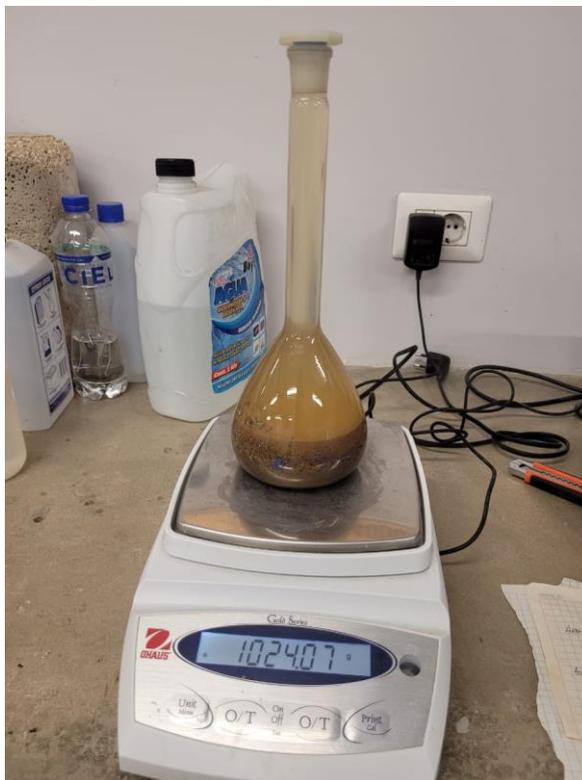
### Procedimiento del ensayo de absorción



Baño María para eliminar aire en la fiola



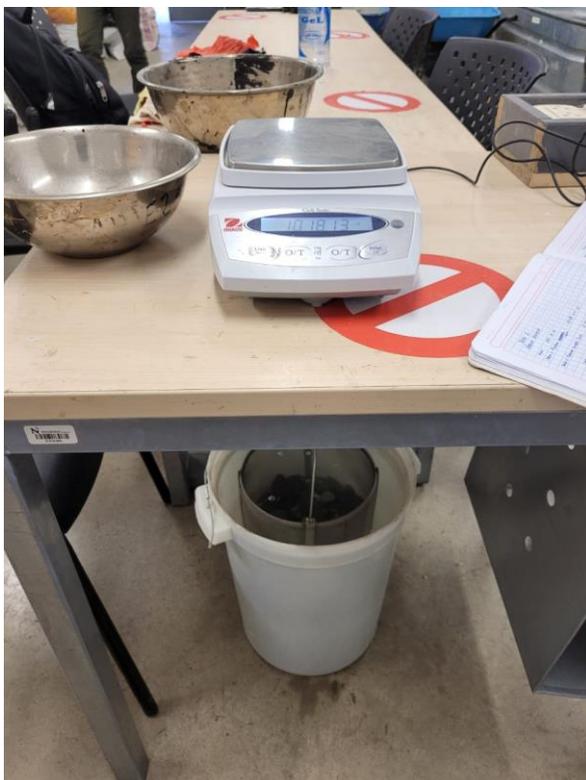
Ensayo de peso específico del agregado fino



Ensayo de peso sumergido del agregado grueso



Ensayo de peso sumergido del agregado grueso



## ANEXO B: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

 <p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE NORTE</b></p> <p>LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS</p>	
---	---

<b>RESUMEN DE AGREGADOS GRUESO Y FINOS</b> (NORMA MTC E-203, NTP 400.017)
--

<b>OBRA</b>	:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO, LIMA 2022”
<b>PARTIDA</b>	:	Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup>
<b>ESTRUCTURA</b>	:	Diseño de Mezcla para Tesis
<b>FECHA</b>	:	14/6/2022

<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>
----------------------------

Tipo Agregado Fino	:	Arena GRUESA
Tipo Agregado Grueso	:	Piedra Chancada
Procedencia	:	LIMA

DATOS	ARENA GRUESA	PIEDRA CHANCADA
Módulo de fineza	3,44	7,64
Tamaño Maximo Nominal	-	1"
% Contenido de Humedad	1,74	0,47
% Absorción	2,37	0,68
Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	2,46	2,68
Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1589,98	1443,28
Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1838,2	1575,5

**UNIVERSIDAD PRIVADA  
DEL NORTE**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO**  
(NORMA MTC E-204, NTP 400.012)

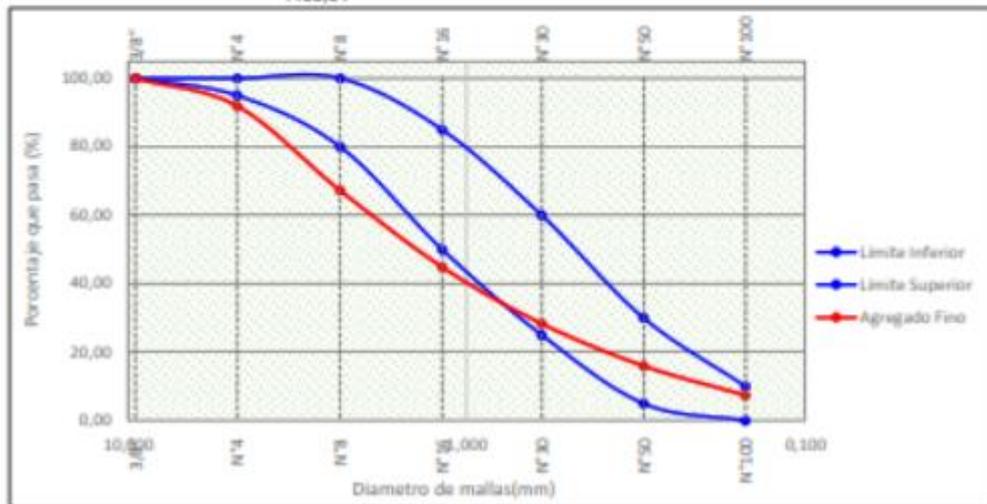
OBRA	:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=280$ KG/CM <sup>2</sup> CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO, LIMA 2022"
PARTIDA	:	Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup>
ESTRUCTURA	:	Diseño de Mezcla para Tesis
FECHA	:	14/6/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

Tipo Agregado Fino	:	Arena Gruesa
Procedencia	:	LIMA

TAMICES		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	ESPECIFICACIÓN	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	Limite Inferior	Limite Superior
3/8"	9,500	0	0,00	0,00	100,0	100,00	100,00
Nº4	4,750	93,89	8,13	8,13	91,9	95,00	100,00
Nº8	2,360	284,81	24,65	32,77	67,2	80,00	100,00
Nº16	1,180	258,44	22,37	55,14	44,9	50,00	85,00
Nº30	0,600	191,03	16,53	71,67	28,3	25,00	60,00
Nº50	0,300	142,79	12,36	84,03	16,0	5,00	30,00
Nº100	0,150	99,47	8,61	92,63	7,4	0,00	10,00
Nº200	0,075	85,11	7,37	100,00	0,0	MF=	3,443662703

1155,54



**OBSERVACIONES :**

- La gradación de este agregado fino, no cumple con los rangos especificados por MTC - Tabla 503-02. Granulometría Agregado Fino

- Se recomienda material mas fino y reducción en proporción de tamaños 4.75 y 1.18 mm
- El Módulo de Finura se encuentra fuera del rango 2.3 - 3.1

# UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO

(NORMA MTC E-204, NTP 400.012)

OBRA	:	DEL CONCRETO $f'c=280 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO, LIMA 2022”
PARTIDA	:	Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup>
ESTRUCTURA	:	Diseño de Mezcla para Tesis
FECHA	:	14/06/2022

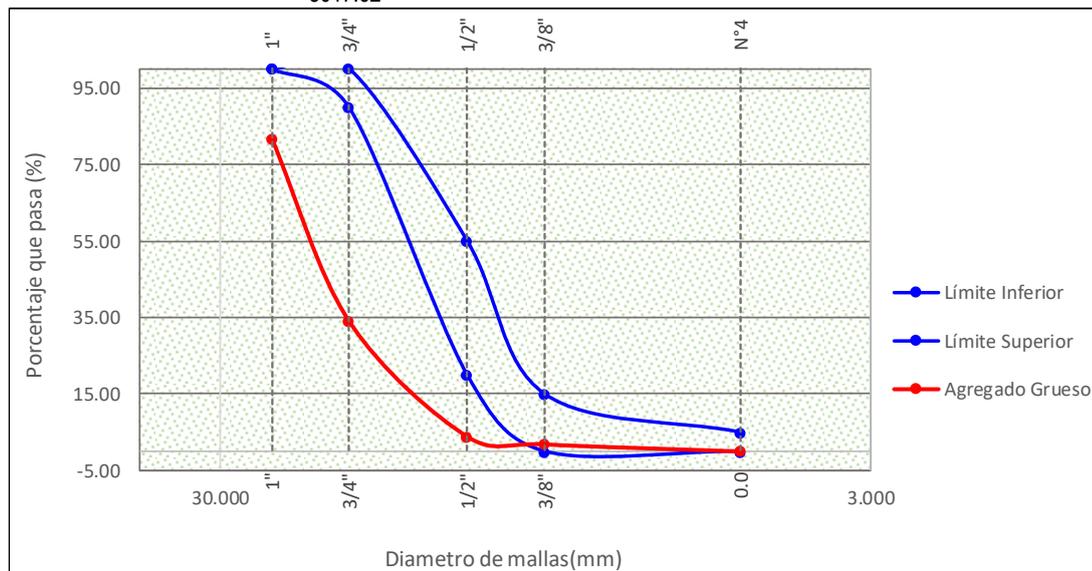
### DATOS DE LA MUESTRA

Tipo Agregado Grueso	:	Piedra Chancada
Procedencia	:	LIMA

### ESPECIFICACIÓN

TAMICES		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Límite	Límite
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	Inferior	Superior
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.0	100.00	100.00
1"	25.000	913.98	18.22	18.22	81.8	100.00	100.00
3/4"	19.000	2393.96	47.71	65.93	34.1	90.00	100.00
1/2"	12.500	1510.87	30.11	96.04	4.0	20.00	55.00
3/8"	9.500	103.01	2.05	98.09	1.9	0.00	15.00
N° 4	4.750	92.89	1.85	99.94	0.1	0.00	5.00
N°200	0.075	2.91	0.06	100.00	0.0	MF=	7.639592078

5017.62



**OBSERVACIONES :**

- La gradación de este agregado fino, no cumple con los rangos especificados por MTC - Tabla 503-04 (AG-6) Granulometría Agregado Grueso
- Se recomienda menos proporción de agregado grueso de tamaño de 3/4", 1/2", 3/8" en un 50% aproximadamente

<b><u>UNIVERSIDAD PRIVADA</u></b>		
<b><u>DEL NORTE</u></b>		
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
<b>PESO UNITARIO DE AGREGADOS FINO Y GRUESO</b>		
(NORMA MTC E-203, NTP 400.017)		
OBRA	:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=280$ KG/CM <sup>2</sup> CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO, LIMA 2022”
PARTIDA	:	Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup>
ESTRUCTURA	:	Diseño de Mezcla para Tesis
FECHA	:	14/6/2022
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Tipo Agregado Fino	:	Arena Gruesa
Tipo Agregado Grueso	:	Piedra Chancada
Procedencia	:	LIMA

#### PESO UNITARIO SUELTO

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Global
Peso de la muestra + recipiente (kg)	6,106666667	18,506666667	
Peso del recipiente (Kg)	1,58	4,82	
Peso de la muestra (Kg)	4,526666667	13,686666667	
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	0,002847	0,009483	
Peso unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1589,98</b>	<b>1443,28</b>	

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Global
Peso de la muestra + recipiente (kg)	6,813333333	19,760000	
Peso del recipiente (Kg)	1,58	4,82	
Peso de la muestra (Kg)	5,233333333	14,94	
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	0,002847	0,009483	
Peso unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1838,2</b>	<b>1575,5</b>	

# **UNIVERSIDAD PRIVADA** **DEL NORTE**



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINO Y GRUESO

(MTC E 205, E 206 - NORMA NTP 400.022, 400.021)

OBRA	:	DEL CONCRETO $f'c=280$ KG/CM <sup>2</sup> CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO, LIMA 2022”
PARTIDA	:	Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup>
ESTRUCTURA	:	Diseño de Mezcla para Tesis
FECHA	:	14/06/2022

### DATOS DE LA MUESTRA

Tipo Agregado Fino	:	Arena Gruesa
Tipo Agregado Grueso	:	Piedra Chancada
Procedencia	:	Lima

#### AGREGADO FINO:

S	Peso de la arena superficialmente seca (g)	500.00
C	Peso de la arena superf. seca + peso tubo de ensayo + peso del agua(g)	1024.07
B	Peso del tubo de ensayo + peso del agua (g)	722.51
A	Peso de la arena seca al horno(g)	488.42

Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	$A/(B+S-C)$	2.461
Peso específico de masa superficialmente seca (g/cm <sup>3</sup> )	$S/(B+S-C)$	2.520
Peso Específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	$A/(B+A-C)$	2.676
Porcentaje de Absorción (%)	$(500 - A) \times 100 / A$	2.371

#### AGREGADO GRUESO:

C	Peso superficialmente Seco	1018.42
B	Peso secado en el Aire	1617.55
A	Peso en el agua de la muestra aturada	1606.68

Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	$A/(B-C)$	2.682
Porcentaje de Absorción (%)	$(B - A) \times 100 / A$	0.677

# **UNIVERSIDAD PRIVADA** **DEL NORTE**



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

## **CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS FINO Y GRUESO**

(NORMA NTP 339.185)

<b>OBRA</b>	:	MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c=280$ KG/CM2 CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTAS DE ACERO, LIMA 2022”
<b>PARTIDA</b>	:	Concreto 280 kg/cm2
<b>ESTRUCTURA</b>	:	Diseño de Mezcla para Tesis
<b>FECHA</b>	:	14/06/2022

### **DATOS DE LA MUESTRA**

Tipo Agregado Fino	:	Arena Gruesa
Tipo Agregado Grueso	:	Piedra Chancada
Procedencia	:	Lima

### **CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Global</b>
Peso de la muestra en estado ambiental + recipiente (g)	1494.16	1804.25	
Peso de la muestra seca al horno + recipiente (g)	1468.55	1795.82	
Peso del recipiente (g)	199.17	186.1	
Peso del agua perdida (g)	25.61	8.43	
Contenido de Humedad (%)	<b>1.74</b>	<b>0.47</b>	





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

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



**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
A : BRANDON HINOSTROZA BALDEÓN  
Obra : MUESTRA PATRÓN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICAS  
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
Expediente N° : 22-1213  
Recibo N° : 77704  
Fecha de emisión : 07/06/2022

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 probetas cilíndricas de concreto.  
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ELE INTERNATIONAL  
Certificado de Calibración: CMC-028-2022  
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2021  
Procedimiento interno AT-PR-12  
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
1	MUESTRA PATRÓN. ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS TESIS	24/05/2022	07/06/2022	80.0	25,060	313	Tipo 2
2	MUESTRA PATRÓN. ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS TESIS	24/05/2022	07/06/2022	80.4	26,196	326	Tipo 2
3	MUESTRA PATRÓN. ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS TESIS	24/05/2022	07/06/2022	80.4	26,307	327	Tipo 5

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

Hecho por : Ing. M. Huaynalaya R.  
Técnico : Sr. J.J.O.  
Digitadora: Sra. D.I.A.




Ing. Oscar Miranda Hospital  
Jefe (e) del laboratorio

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



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

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

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





### INFORME

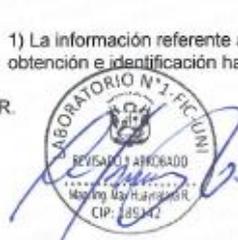
Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : BRANDON HINOSTROZA BALDEÓN  
 Obra : MUESTRA PATRÓN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICAS  
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
 Expediente N° : 22-1437  
 Recibo N° : 77932  
 Fecha de emisión : 28/06/2022

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 probetas cilíndricas de concreto.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ELE INTERNATIONAL  
 Certificado de Calibración: CMC-028-2022
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034.2021  
 Procedimiento interno AT-PR-12
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
1	MUESTRA PATRON ANALISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS TESIS	24/05/2022	28/06/2022	80.8	31,313	388	Tipo 3
2	MUESTRA PATRON ANALISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS TESIS	24/05/2022	28/06/2022	80.8	33,137	410	Tipo 3
3	MUESTRA PATRON ANALISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS TESIS	24/05/2022	28/06/2022	80.4	33,296	414	Tipo 3

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

Hecho por : Ing. M. Huaynalaya R.  
 Técnico : Sr. J. J. O.  
 Digitado por: Srta. D.A.H.



Ing. Oscar Miranda Hospital  
 Jefe (e) del laboratorio

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



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

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

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





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

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



**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
A : BRANDON HINOSTROZA BALDEON  
Obra : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C 280KG/CM2 CON ADICIÓN DE 3% 6% Y 9% VIRUTA DE ACERO  
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
Expediente N° : 22-1477  
Recibo N° : 77973  
Fecha de emisión : 01/07/2022

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 06 especímenes cilíndricos de concreto.  
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ELE International #2  
Certificado de Calibración: CMC-028-2022  
3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034 2021  
Procedimiento interno AT-PR-12

4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
1	M-3% VIRUTA DE ACERO	23/06/2022	01/07/2022	80,4	27036	336	Tipo 3
2	M-3% VIRUTA DE ACERO	23/06/2022	01/07/2022	80,4	26134	325	Tipo 2
3	M-3% VIRUTA DE ACERO	23/06/2022	01/07/2022	80,7	27366	339	Tipo 2
4	M-6% VIRUTA DE ACERO	23/06/2022	01/07/2022	80,5	25003	311	Tipo 5
5	M-6% VIRUTA DE ACERO	23/06/2022	01/07/2022	79,8	24176	303	Tipo 2
6	M-8% VIRUTA DE ACERO	23/06/2022	01/07/2022	80,1	25305	316	Tipo 2

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

Elaborado por : Ing. Max Huamán  
Técnico : Sr. J.J.O.

Digitador : Ing. M.H.R.



NOTAS:

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



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

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

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





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



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

Pág. 1 de 2

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : BRANDON HINOSTROZA BALDEON  
 Obra : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA MECÁNICAS DE CONCRETOS F'C 280KG/CM2 CON ADICIÓN DE 3% 6% Y 9% VIRUTA DE ACERO  
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
 Expediente N° : 22-1559  
 Recibo N° : 78056  
 Fecha de emisión : 13/07/2022

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 12 especímenes cilíndricos de concreto.  
**2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial, ELE International #2  
 Certificado de Calibración: CMC-028-2022  
**3. MÉTODO DE ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034 2021  
 Procedimiento interno AT-PR-12  
**4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
1	M-AD - 3%	27/06/2022	13/07/2022	80.4	30166	375	Tipo 5
2	M-AD - 3%	27/06/2022	13/07/2022	80.2	30088	375	Tipo 3
3	M-AD - 3%	27/06/2022	13/07/2022	80.1	30892	386	Tipo 3
4	M-AD - 6%	27/06/2022	13/07/2022	80.4	30324	377	Tipo 3
5	M-AD - 6%	27/06/2022	13/07/2022	80.0	29109	364	Tipo 2
6	M-AD - 6%	27/06/2022	13/07/2022	80.4	29011	361	Tipo 3
7	M-AD - 9%	27/06/2022	13/07/2022	80.4	30743	383	Tipo 3
8	M-AD - 9%	27/06/2022	13/07/2022	79.6	29627	372	Tipo 2
9	M-AD - 9%	27/06/2022	13/07/2022	80.0	31024	388	Tipo 3
10	M-AD - 9%	04/07/2022	13/07/2022	80.0	31255	390	Tipo 3

Elaborado por : Ing. Max Huaynalaya R.  
 Técnico : Sr. J.J.O.

Digitador : Brta D.A.H.



Ing. Oscar Miranda Hospital  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

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



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



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



www.lem.uni.edu.pe

lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





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



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

Pág. 2 de 2

Expediente N° : 22-1559

N°	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
11	M-AD - 9%	04/07/2022	13/07/2022	80.6	28889	358	Tipo 2
12	M-AD - 9%	04/07/2022	13/07/2022	80.7	27575	342	Tipo 3

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

Elaborado por : Ing. Max Huayra  
Técnico : Sr. J.J.O.  
Digitador : Srta. D.A.H.



**NOTAS:**

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



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

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

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





## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

### Facultad de Ingeniería Civil

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

Comisión de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET**  
Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

---

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
A : BRANDON HINOSTROZA BALDEON  
Obra : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA MECÁNICAS DE CONCRETO F'C 280KG/CM2 CON ADICIÓN DE 3%, 6% Y 9% DE VIRUTA DE ACERO

Ubicación : LIMA  
CIUDAD DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA

Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
Expediente N° : 22-1752  
Recibo N° : 78250  
Fecha de emisión : 02/08/2022

---

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 09 especímenes cilíndricos de concreto.

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ELE International #2  
Certificado de Calibración: CMC-028-2022

3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034 2021  
Procedimiento interno AT-PR-12

4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
1	M-AD - 3%	23/06/2022	02/08/2022	80.7	29598	368	Tipo 3
2	M-AD - 3%	23/06/2022	02/08/2022	80.0	31594	395	Tipo 3
3	M-AD - 3%	23/06/2022	02/08/2022	80.4	31682	394	Tipo 3
4	M-AD - 6%	23/06/2022	02/08/2022	81.3	27507	338	Tipo 4
5	M-AD - 6%	23/06/2022	02/08/2022	80.3	28863	360	Tipo 4
6	M-AD - 6%	23/06/2022	02/08/2022	81.2	27749	342	Tipo 2
7	M-AD - 9%	27/06/2022	02/08/2022	80.4	32262	401	Tipo 2
8	M-AD - 9%	27/06/2022	02/08/2022	80.2	30409	379	Tipo 2
9	M-AD - 9%	27/06/2022	02/08/2022	79.8	30700	385	Tipo 4

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

Elaborado por : Mag. Ing. C. Villegas M.  
Técnico : Sr. J.J.O.

Ing. Oscar Miranda Hospinal  
Jefe (e) del laboratorio

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

---



## UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

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

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

