

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL**



**Evaluación del comportamiento mecánico del concreto  
 $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de limaduras de acero.**

**Huaraz**

**Autor:**

Soriano Caballero, Jorge Vidal

**Asesor:**

Solar Jara Miguel Angel

Código ORCID: 0000-0002-8661-418X

**Chimbote – Perú**

**2023**

## **PALABRAS CLAVES**

<b>TEMA</b>	LIMADURAS DE HIERRO
<b>ESPECIALIDAD</b>	MATERIALES DE LA CONSTRUCCION

## **LINEA DE INVESTIGACION:**

**Construcción y Gestión de la Construcción**

### OCDE

Área : **Ingeniería**

Sub área : **Ingeniería Civil**

Disciplina : **Ingeniería civil**

Evaluación del comportamiento mecánico del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$   
con la adición de limaduras de acero. Huaraz.

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se plantea como objetivo realizar un diseño de concreto estructural, evaluando el comportamiento mecánico de cuando se considera el uso de limaduras de acero en su composición. El material experimental se le adicionó porcentajes de 3% y 5% de limaduras de acero al concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, estas limaduras de acero contaminan su entorno ya que no tienen un uso específico, siendo este un material que contiene un alto porcentaje de hierro y sílice lo cual se puede usar como material que mejora el comportamiento mecánico del concreto: su resistencia a la compresión comparándolo con un concreto convencional sin adición o concreto patrón.

Se ha tomado como material experimental de reforzamiento del concreto a un sub producto de la industria metalmeccánica de los tornos de la ciudad de Huaraz, además lo podemos encontrar en todas las ciudades del país. La metodología empleada para la investigación fue cuasi experimental porque tuvo una muestra patrón de referencia. Las características del agregado se comportaron dentro de las exigencias de la norma y se diseñó un concreto con  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> cuya relación a/c es de 0.68.

La resistencia a la compresión del concreto del concreto experimental con adición de 5% con limaduras de acero proporcionó los mejores resultados llegando a superar al patrón en 14.36% y 17% al concreto de diseño, obteniendo una resistencia de 246.38 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado. La adición de 3% también logó superar al patrón, pero en porcentaje del 11% (233.64 kg/cm<sup>2</sup>). Por tanto, se verifica la hipótesis de investigación planteada y su sostenibilidad en su aplicación es posible por la ingente cantidad de limaduras que se produce en los diversos talleres de la ciudad de Huaraz.

## **ABSTRACT:**

The objective of this research project is to carry out a structural concrete design, evaluating the mechanical behavior of when considering the use of steel filings in its composition. The experimental material was added percentages of 3% and 5% of steel filings to concrete f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>, these steel filings contaminate their environment since they do not have a specific use, this being a material that contains a high percentage of iron and silica which can be used as a material that improves the mechanical behavior of concrete: its resistance to compression compared to conventional concrete without addition or standard concrete.

A by-product of the metal-mechanic industry of the lathes of the city of Huaraz has been taken as an experimental material for reinforcing concrete, we can also find it in all the cities of the country. The methodology used for the investigation was quasi-experimental because it had a standard reference sample. The characteristics of the aggregate behaved within the requirements of the standard and a concrete was designed with F'c 210 kg/cm<sup>2</sup> whose w/c ratio is 0.68.

The compressive strength of the concrete of the experimental concrete with the addition of 5% with steel filings provided the best results, exceeding the standard by 14.36% and 17% of the design concrete, obtaining a resistance of 246.38 kg/cm<sup>2</sup> at 28 days of curing. The addition of 3% also exceeds the pattern, but in percentage of 11% (233.64 kg/cm<sup>2</sup>). Therefore, the proposed research hypothesis is verified and its sustainability in its application is possible due to the huge amount of filings that are produced in the various workshops in the city of Huaraz.

## INDICE GENERAL

Titulo:	i
Palabras clave	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Introducción	1
Metodología	29
Resultados	35
Análisis y discusión	53
Conclusiones	56
Recomendaciones	57
Agradecimiento	58
Bibliografía	59
Anexos	61

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de limaduras de acero en la ciudad de Huaraz	1
Tabla 2	8
Tabla 3	10
Tabla 4	11
Tabla 5	26
Tabla 6	27
Tabla 7	30
Tabla 8	31
Tabla 9	26
Tabla 10	26

## I. INTRODUCCION

En la actualidad los procesos de reciclaje de diversos materiales usados en la vida cotidiana de la humanidad: domestica, comercial, industrial merece la atención desde las distintas aristas de la sociedad, más aun de la académica, en un contexto del desarrollo constante de la industria de la construcción y otras industrias, estas producen ingentes cantidades de residuos metálicos, el poder reciclar estos materiales aportaría de forma sustancial que no perjudiquemos el entorno ambiental, logramos preservarlo reutilizando material de desecho que a la fecha en la ciudad de Huaraz no tiene por ejemplo un uso conocido y raramente se recolecta y trasporta como chatarra para la industria siderúrgica, el INEI no informa que la albañilería en el Perú es el principal sistema constructivo en las ciudades como Huaraz, y sus elementos se elaboran con concreto, material que puede verse mejorado en su comportamiento mecánicos si reutilizamos en el las limaduras de acero provenientes de la industria metalmeccanic y talleres distintos de la ciudad, asi también se contribuye a mejora el entorno ambiental de la ciudad y se proporciona alternativas de uso de estos desechos metalicos, a continuación se presentan los valores promedios de desechos que se producen en los principales talleres de la ciudad de Huaraz, y que permite tener una sostenibilidad a la investigación en su aplicación futura.

**Tabla N°01: producción de limaduras de acero en la ciudad de Huaraz**

N°	Taller	Producción semanal (Kg)	Produccion mensual (Kg)
1	Taller de soldadura especial CHARCA	40.00	160.00
2	Taller de torno y soldadura especial SORIANO	43.00	172.00
3	Soldadura especial EL CHINITO	38.00	152.00
4	Estructuras metálicas FIDELITO	41.00	164.00
5	Torno y soldadura en general CHALACO	39.00	156.00
6	Torno y reparación de maquinaria pesada DON MARIO	37.00	148.00
7	Soldadura en general MACARIO	45.00	180.00
8	Estructuras metálicas ROGER	41.00	164.00
<b>Desechos totales por mes (kg)</b>			<b>1,296.00</b>

Fuente: elaboración propia

Según Pérez (2021) en su estudio titulado “la viruta de acero como sustituto de agregado fino y sus propiedades en en concreto, planteo como su problema general: ¿Cuál es la forma que influye el material residual viruta de acero cuando se utiliza como material que sustituye al agregado fino en una mezcla de concreto y sus



propiedades de un concreto?, para lograr responder se plantea como objetivo principal de investigación realizar una evaluación de cómo influye la viruta de acero en distintos porcentajes de sustitución del agregado fino en una mezcla de concreto convencional y sus propiedades. Se logro verificar la hipótesis de estudio, la cual plantea que la viruta de acero usada como material sustituyente del agregado fino modifica las propiedades del concreto. Esta investigación utilizó en método científico en su desarrollo cuyo tipo de investigación es aplicada y tuvo un nivel descriptivo/explicativo, en cuanto al diseño de investigación este fue cuasi experimental. Las unidades muestrales evaluadas fueron 60 especímenes de concreto cilíndricos, y 30 elementos primaticos o vigas, en todas las unidades muestrales se elaboraron concretos con y sin sustitución con viruta, lo porcentajes de sustitución fueron de 4 %, 6 %, 10 % y 12 % ; el muestreo de la investigación corresponde a la totalidad de la población. La investigación llego a la conclusión que la viruta de acero como material sustitutorio del agregado fino o arena gruesa en una mezcla de concreto

Permite modificar las propiedades del concreto experimental las propiedades evaluadas fueron las mecánicas y las físicas

**Angarita y Rincón** (2016) elaboraron la investigacion para optar su título profesional de Ingeniero Civil llamado: “Evaluacion de propiedades mecánicas de concreto adicionado con la viruta de acero en 10% y 12%, porcentajes con respecto al peso del agregado fino de mezcla” desarrollado en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en el país de Colombia, propusieron como su objetivo general del estudio evaluar las propiedades mecánicas de un concreto cuando se le incorpora la viruta de acero en dos porcentajes respecto al peso de la arena gruesa, estos porcentajes de adición fueron de 10% y 12%.

Las propiedades mecánicas que se evaluó fueron la resistencia a la compresión del concreto endurecido y la resistencia a la flexión del concreto en vigas prismáticas.

El reporte de los resultados para la propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los especímenes que fueron ensayados a los 28 días de curado muestran que ninguna de estas mezclas: patrón, concreto con 10% y concreto con 12%, logro alcanzar el valor de la resistencia de diseño 210.00 Kg/cm<sup>2</sup>, ello motive a los autores a analizar

los datos pero tomando como referencia los resultados del concreto patrón, los concretos al cual se le adicionó viruta de acero en porcentajes de 10% y 12% tienen un comportamiento ascendente a los 7, 14 y 28 días de curado, el mejor resultado de resistencia a la compresión lo proporciona el concreto experimental con 10% de adición, superando al patrón en 8.08% , mientras que el concreto experimental con 12% de adición, no logra superar la resistencia obtenida por el concreto patrón, por el contrario su valor está por debajo , solo llegando a conseguir el 67.58% respecto al patrón.

Los resultados de la resistencia a la flexión muestran un comportamiento similar a otras propiedades mecánicas a lo largo de los días de curado de 7, 14 y 28 días, presentando en este último periodo un aumento respecto al módulo de rotura de diseño del 29,75%, 31.40% y 24,79% del concreto patrón, concreto con 10% y concreto con 12% respectivamente, y comparando las muestra patrón con los porcentajes de viruta de acero se puede evidenciar que para el concreto con 10% se eleva en 1.16% y para el concreto con 12% este se reduce 3.86%.por tanto la investigación llega a concluir que el porcentaje óptimo de viruta de acero es el 10% de adición referenciado este porcentaje al agregado fino (arena gruesa).

**Villalobos (2018)** En nuestro país, en el departamento norteño de Lambayeque, con mayor precisión en su populoso distrito de José Leonardo Ortiz, se producen como material residual o de desecho de las empresas de metal mecánica que son llamados viruta o limaduras de acero, estos residuos son considerados contaminantes y no tienen una reutilización en forma conveniente que permita reducir la contaminación que generan, por esa razón en el trabajo de investigación se refieren a las limaduras de acero que fueron obtenidas a partir de trabajos en tornos y servicios que se realizan en las factorías es decir labores como: fresados, torneados y rectificaciones de elementos o piezas de metálicas. La investigación se planteó como su objetivo general la evaluación de las propiedades mecánicas del concreto cuando se le adiciona limaduras de acero. Para la resistencia a compresión de diseño de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , cuando se le adicionó 4% de limaduras de acero consiguió aumentar su valor a  $233 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de curado, es decir aumento  $38 \text{ kg/cm}^2$  más que lo conseguido por el concreto sin adición o patrón; Para la resistencia a compresión de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280$

kg/cm<sup>2</sup> , cuando se le adicionó 8% de limaduras de acero se consiguió aumentar su valor a 261 kg/cm<sup>2</sup> y 338 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, es decir aumento 51 kg/cm<sup>2</sup> y 58 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente más que lo conseguido por el concreto sin adición o patrón;

**Rafael y Reynal (2020)**, es su estudio que lleva como título: “La influencia de las fibras del acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto F’c =210 kg/cm<sup>2</sup>- Trujillo 2020, en su investigación desarrollada en la ciudad norteña del Perú, propuso como su objetivo general: la determinación de cuál es la influencia que proporcionan las fibras de acero reciclado y comerciales en la propiedad mecánica del concreto con una resistencia F’c=210 kg/cm<sup>2</sup>, para lograrlo realice un diseño por método ACI-211, determinó en asentamiento en su estado fresco y las resistencia a la compresión y flexión del concreto patrón y del experimental con adición de fibra de acero, además de evaluar la relación costo beneficio de los distintos tipos de concreto evaluados. Los resultados más destacados respecto a la propiedad mecánica de resistencia a compresión los presentó el concreto experimental con 1% de adición de fibras de acero reciclado y de fibras de acero comercial alcanzando resistencia de 241.41 kg/cm<sup>2</sup> y 265.06 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días respectivamente. En porcentaje representa un aumento del valor de la resistencia comparado con la de diseño de 114.96% y 126.22%. Para la resistencia a la flexión del concreto

Los mejores resultados los presentó el concreto experimental con 4% de adición de fibras de acero reciclado y de fibras de acero comercial alcanzando un módulo de rotura de 5.57 Mpa y 5.80 Mpa a los 28 días respectivamente

Se concluyó que mientras mayor es el porcentaje de adición de fibras de acero menos trabajabilidad presenta. La incorporación de fibras de acero aumentó la ductilidad en el concreto porque se deformaron más que la patrón el cual generó fallas explosivas.

**Vera (2015)**, busco determinar si el uso de los agregados de la cantera del Río Chonta y la adición de diferentes porcentajes de viruta metálica, y su influencia sobre la resistencia a la compresión axial del concreto f’c = 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Para tal efecto prepare combinaciones de distintas mezclas de hormigón convencionales de una resistencia  $210\text{kg/cm}^2$  y se le adicionó diferentes cantidades de viruta de metales (residuos) en varios porcentajes con referencia al peso de la arena gruesa (agregado fino) de 5%, 10% y 15%, luego los evaluó después a diferentes periodos de curado a los 7 días, 14 días y por último a los 28 días. Los resultados más importantes fueron: cuando se le adicionó viruta metálica a la mezcla en cantidad de 5% respecto al peso del agregado fino se logró obtener una resistencia a compresión de  $270.74\text{ kg/cm}^2$  en el periodo máximo de curado (28 días), por lo que se pueden inferir que esta propiedad mecánica supero en 28.92%; cuando se le adicionó viruta metálica a la mezcla en una cantidad mayor de 10% respecto al peso del agregado fino se logró obtener una resistencia a compresión de  $260.03\text{ kg/cm}^2$  en el periodo máximo de curado (28 días), por lo que se pueden inferir que esta propiedad mecánica aumenta en 23.82%; por último, cuando se le adicionó viruta metálica a la mezcla en una cantidad de 15% respecto al peso del agregado fino se logró obtener una resistencia a compresión de  $253.66\text{ kg/cm}^2$  en el periodo máximo de curado (28 días), por lo que se pueden inferir que esta propiedad mecánica aumenta en 20.79%. Se concluye que las limaduras de hierro o viruta de acero influyen de gran manera en las propiedades tanto mecánicas como en las propiedades físicas que tienen las unidades de albañilería que han sido elaboradas de forma artesanal en la ciudad de Trujillo durante el año 2020. Las mezclas de concreto convencionales cuando se les adiciona materiales metálicos como la viruta, se ven influenciados de forma significativa y presentan una mayor resistencia que los convencionales en todos los periodos evaluados es decir a los 7 días, 14 días y 28 días de curado. (Indalecio p.97). La presente investigación permite lograr obtener una idea general del óptimo porcentaje de limaduras de acero o hierro que permita la mejora de las propiedades mecánicas de un concreto convencional, además el estudio proporciona una guía en etapa preliminar de un comportamiento mecánico del concreto, cuando usa un nuevo material entre sus componentes para permitir la formulación de varias hipótesis preliminares.

## **JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION:**

A través del presente estudio, busco la mejora de la propiedad mecánica más importante de un concreto es decir la resistencia a compresión, para cumplir con las prestaciones de seguridad en el campo estructural de los elementos que conforman las viviendas de habitantes que poseen limitados recursos económicos en la ciudad de Huaraz y poblaciones aledañas, Se sabe que tanto la adición de las limaduras de acero en una mezcla de concreto, son materiales de desecho de la industria metalmeccánica de los talleres de la ciudad de Huaraz, cuentan con un alto contenido minerales como el hierro, el silicio, el calcio, entre otros. Estos minerales están presentes en porcentajes similares a los que tiene el cemento, es así que es posible usarlos en la industria de la construcción para mejorar las condiciones mecánicas del concreto utilizado en las distintas estructuras.

Se puede considerar a las limaduras de acero como un material que tiene características puzolánicas debido a su contenido de elementos químicos que permiten aumentar las condiciones de enlace molecular durante el proceso de hidratación del cemento, entre la pasta de cemento con los agregados y la limaduras de acero, por tanto el uso de este material experimental es una alternativa potencial para el uso en la construcción, por esta razón es que este material residual puede combinarse y ser considerado como una opción viable para ser utilizado como material de reforzamiento en los procesos de elaboración del concretos estructurales usados en elementos componentes de las edificaciones.

En la investigación se intenta aportar a la sociedad una contribución técnica aplicable y sostenible pues se hace uso de recursos que hasta el momento son considerados residuos de desecho. El uso de este material residual para usarse en mezclas de concreto aporta como avance tecnológico de investigación para obtener un mejor concreto, además de considerar la reducción de costos en determinado tipo de concreto y sea de fácil acceso a los habitantes de la provincia de Huaraz. Al realizar un diseño de un concreto convencional con una Resistencia a compresión  $F'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$  y un concreto al cual se le adiciona las limaduras de acero logrando mejorar la resistencia del concreto, por lo que se consigue una mezcla de concreto en su estado endurecido con mayor resistencia debido a elevado contenido de minerales altamente puzolanicos como son el silice, el hierro y el calcio, con este material adicionado se logra mejorar

las prestaciones mecánicas de los elementos de una edificación y otras construcciones en la provincia del Huaraz, por último, el rehusar un material de desecho o residuo permite mejorar y contribuir con el medio ecológico y ambiental.

## REALIDAD PROBLEMÁTICA

El uso del concreto a nivel mundial es masivo y tiene una tendencia paralela de aumento respecto al desarrollo de la humanidad y los niveles de vida dentro de una sociedad moderna, en el texto titulado “El concreto y otros materiales para la construcción” (Gutiérrez. 2003) señala que los inicios del concreto se remonta a dos siglos antes de Cristo, hay vestigios que lo confirman en la ciudad de Roma, donde hicieron uso de mezclas de mortero compuestas por piedras calizas calcinadas, tobas de origen volcánico y material granular o piedras para realizar la construcción de algunas estructuras que hasta la actualidad existen, como es el caso del Panteón o la iglesia Santa María de los Mártires, esta estructura cuenta con una cúpula de mas d cuarenta metros de luz o claro y es de concreto simple.

Figura 1: cúpula de la Santa María de los Mártires



Fuente: <https://es.123rf.com/>

El declive en el siglo VII del Imperio Romano trajo consigo también que se reduca casi hasta en su totalidad y se deje de lado el uso del concreto, en el siglo XVIII se vuelve a usar el concreto a partir de se redescubierto por los ingleses, muestra de ello

es el uso que se hizo de este material en los trabajos de reconstrucción que se realizaron en el Faro de Edystone, ubicado en la zona costera al sur de Inglaterra. Para el siglo XIX, el abogado e ingeniero estadounidense Thaddeus Hyatt exactamente en el año 1850 hizo experimentos en elementos estructurales de concreto reforzado: vigas; su estudio se fundamentó en la evaluación de la resistencia que presenta el concreto contra el fuego, pudiendo determinarse que los cambios volumétricos o dilataciones son iguales con las propias investigaciones, por lo que Hyatt presentó su patente de los principios del concreto reforzado. (Harmsen. 2005, p.1)

En el transcurso de los años, una vasta gama de materiales se ha utilizado en la elaboración de las mezclas de concreto, como por ejemplo el uso de las fibras compuestas de polipropileno con distintas longitudes, las virutas de acero o residuos metálicos en fibras, la escoria de altos hornos procedentes de los procesos de elaboración de acero en las siderúrgicas, fibras de origen vegetal (coco, arroz, trigo, lechuguilla etc.). estos materiales aportan mejoras a las propiedades físicas, mecánicas del concreto resultante. En el municipio de Ocaña perteneciente a la provincia de Santander al norte de Colombia, se desarrollaron muchas actividades de ornamentación utilizando el acero inoxidable, estos produjo material de desechos llamados viruta o limaduras del acero, estos residuos que fueron generados por las empresas contratistas ocasionaron contaminación , por esta razón es que plantea como alternativa de solución a este problema la búsqueda de una reutilización de las virutas de acero para aprovechar sus propiedades y mejorar las condiciones mecánica del concreto en sus distintos usos.

En nuestro país hay que remontarse al año de 1850 para la llegada de los primeros barriles de cemento. el uso del concreto se utilizó y continúa utilizándose para la construcción de estructuras para cimientos, además de mezclas que permitan la mejora en la calidad de los trabajos de acabados en las diferentes estructuras como muros y losas, luego se mezcló el acero con el concreto formándose así el concreto armado, material esencial en la actualidad en la construcción de edificaciones, estructuras viales como los puentes, estructuras hidráulicas como los canales, alcantarillas, o acueductos, etc. y los primordiales elementos estructurales como puede ser una columna, una viga, una losa, una placa, una escalera, etc. En la actualidad en concreto armado, que es la combinación de concreto y el acero de refuerzo se le reconoce como material

indispensable y más utilizado en el Perú y el todo el orbe, siendo su utilización necesaria en la construcción de distintos tipos de estructuras. (Harmsen, 2005, p.2). En el Peru el uso de este importante material tiene registrado sus inicios aproximadamente en el año 1910. En tiempo precedentes en el país las edificaciones contaban solamente con muros de ladrillo cocido, ladrillo crudo o adobe, de barro y caña llamado también quincha, este último material tuvo un gran auge de uso en la época colonial de nuestra Republica. Para la construcción de los entresijos y elementos de rigidez horizontales (techos) era común el empleo de viguetas de madera (tornillo y eucalipto), para la construcción de las bóvedas o de algunas cupulas de iglesias se usaba también la madera pero además se incluía el empleo de ladrillos o piedras que tenían como mortero ligante a una mezcla con aridos finos y cemento o cal. Con la aparición en el medio del cemento se comenzó la realización de obras de concreto y de concreto reforzado, ocasionando un giro en los diseños arquitectónicos y estructurales (Blasco , 2015)

En la ciudad de Huaraz con la reducción de muchos de los recursos naturales y el aumento de la demanda de edificaciones para uso de viviendas debido a que existe una constante migración de las zonas rurales a la ciudad que ocasionan en esta su constante aumento de los índices poblaciones esto debe de estar acorde al crecimiento de las construcciones civiles que permitan elevar el nivel desarrollo que requiere la población actual y futura lo cual obliga a que se deba encontrar nuevos materiales y mejorar las tecnologías y técnicas de construcción que permitan que la industria de la construcción entregue a los ciudadanos viviendas seguras, funcionales y con costos aceptables y accesibles. El propósito del presente estudio es demostrar la conveniencia en determinado porcentaje de adición de las limaduras de acero en las mezclas de un concreto convencional para mejorar sus características mecánicas como la resistencia a la comprensión, y contribuir a reducir la contaminación que produce en este momento este material residual.

#### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

La industria de la construcción en la ciudad de Huaraz tiene un auge y constante crecimiento lo que se ve reflejado en el aumento de uso de materiales metálicos para



la elaboración de distintos elementos de estructuración elaborados con perfiles, barras, laminas etc de hierro, como por ejemplo la construcción de cerchas metálicas para las grandes coberturas de complejos deportivos, patios de locales educativos, etc. estas labores generan restos o desechos productos del corte de piezas y torneados que no pueden ser utilizados como parte de elementos estructurales por su dimensiones pequeñas e irregulares dimensiones. Del mismo modo, los el uso de los residuos de la estará estaría contribuyendo con la reducción de los botaderos y disminuyendo la contaminación que este genera al entrar en descomposición.

Actualmente la problemática de nuestra localidad es el bajo rendimiento de las edificaciones, debido a que se trata de economizar en materiales, de aquí se parte con nuestro trabajo de investigación, buscando innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas más pobres, la adición de las limaduras de acero en las mezclas de concreto, en nuestra investigación buscan comprobar que añadiendo este residuo inorgánico natural, el rendimiento de las estructuras puede ser mayor o igual al de uno concreto convencional.

Por lo expuesto se plantea el siguiente problema de investigación:

¿En qué medida la adición de limaduras de acero en 3% y 5% mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?

## **FUNDAMENTACION CIENTIFICA**

### **La tecnología del concreto:**

García, J. (2013). Es el campo de la ingeniería civil que abarca el conjunto de los conocimientos de la ciencia que se orientan para la aplicación, para la practica y la eficiencia que presenta una mezcla de concreto endurecido en un elemento estructural o no estructural. La tecnología del concreto en continuo avance para la mejora de este material en su utilización hace intervenir a muchas ciencias las cuales deben trabajar interrelacionadas para obtener resultados óptimos, estas otras ciencias son la química, la física, las matemáticas, entre otras, pero indispensable es la constante investigación desde un contexto multidisciplinario.

Para el desarrollo de la tecnología del concreto deben de intervenir e interrelacionarse las características individuales del cemento, los agregados, los aditivos naturales o artificiales, en primer orden, pero también, se debe considerar las condiciones de los procesos de producción o elaboración, el proceso de colocado y forma y tiempo de curado así como el mantenimiento del concreto endurecido; todas estas aristas de estudio y relación debe considerarse como aspectos a estudiar y controlar de forma tal que se pueda conseguir un concreto óptimo o de calidad que cumpla con los requerimientos y de fácil aplicación

### **El Hormigón o concreto:**

La mezcla conocida como concreto o también hormigón básicamente es la combinación de 2 principales componentes: los áridos o agregados y la pasta (cemento + agua). Este último componente es primordial y se constituye por el aglomerante más usado en la construcción a nivel mundial: el cemento portland y el elemento que propicia la reacción química: el agua. Esta pasta se encarga de reunir a los agregados: fino y grueso o lo que es lo mismo arena gruesa y grava o piedra (triturada, machacada, zarandeada, o pedregón) llegando a formar una masa heterogénea que se solidifica y presenta un aspecto similar a una roca. Este proceso de endurecimiento que se da en la pasta es como consecuencia de una reacción química del cemento con el agua.

S} creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. Es posible que también puedan adicionarse a la pasta otros materiales suplementarios cementantes o materiales cementosos. PCA (2004)

### **Los materiales componentes del concreto:**

#### **El cemento**

Es el material primordial para el concreto y básicamente es el cemento portland hidráulico el cual se compone principalmente por los diversos silicatos de calcio hidráulicos. La condición hidráulica de los cementos es porque estos logran fraguar y consiguen su endurecimiento a consecuencia de la reacción química que se logra con únicamente con el agua. A lo largo del periodo de esta reacción química a la cual se le conoce con el nombre de “hidratación del cemento”, este se mezcla con las moléculas

del agua para que se forme pasta moldeable que finalmente llega a formar una masa parecida a una roca. Cuando se le adiciona la pasta (cemento + agua) a los áridos (agregado grueso y agregado fino) la pasta de cemento se comporta como un adhesivo que logra reunir las partículas de distintos diámetros que componen los agregados para formar la mezcla llamada concreto, que viene a ser en su estado fresco un material moldeable, versátil y duradero aplicado en los diferentes elementos de la construcción alrededor del mundo. PCA (2004)

### **Las características físicas del cemento:**

Según la ASTM en la norma C-150 del 2007 considera que las propiedades físicas que posee el cemento son de mucha utilidad para la evaluación y control de la calidad que debe contar el cemento antes de su uso como parte del concreto, estas propiedades al ser medidas y ensayadas no pueden considerarse para que se interprete la calidad del concreto, a pesar que los dos materiales se evalúan. Los ensayos dan a conocer los límites que deben de cumplirse según las diferentes normativas y son diferentes dependiendo del tipo de cemento que se va a utilizar en una mezcla, a continuación, se presentan algunas de estas propiedades y límites:

#### **La finura y dimensión de la partícula**

La finura de la superficie específica

Blaine 360 m<sup>2</sup>/Kg

#### **El periodo del fraguado**

El periodo de fraguado del cemento portland se mide con la prueba de VICAT

El fraguado inicial 2 horas y 48 minutos

El fraguado final 3 horas y 55 minutos

#### **El contenido de aire en el cemento**

Debe ser como máximo 9%

#### **La estabilidad del volumen del cemento**

Tiene una expansión de 0.2 % autoclave

#### **La densidad del cemento**

Valor promedio 3.10

#### **El contenido de partículas en el cemento**

< a 10 um = 48 partículas

Entre 10 um y 45 um = 46 partículas

> a 10 um = 45 partículas

### Las características químicas del cemento:

Según la ASTM en la norma C-150 del 2007 considera respecto a los componentes químicos que posee el cemento portland tienen una dependencia de la calidad del Clinker y de su adecuado proceso de calcinación en temperatura y tiempo, es así que se presenta de forma general la composición química siguiente:

**Tabla 2: Compuestos químicos del cemento portland – ASTM C-150**

Compuesto	Formula	%
Silicato Tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	30 - 50
Silicato Dicalcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	15 – 30
Aluminato tricalcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	4 – 12
Ferro aluminato tetracalcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	8 – 13
cal	CaO	-
Magnesio libre/ periclase	MgO	-

Fuente: ASTM

Descripción de los compuestos:

El primero: el **silicato tricálcico** se aquel compuesto que le proporciona a la mezcla la resistencia inicial y es el responsable de forma directa en el calor de hidratación del proceso químico.

el **silicato dicálcico** se aquel compuesto que incide y define la resistencia a largo plazo de la mezcla pero no actúa de forma directa e indirecta en el calor de hidratación del proceso químico.

El aluminato tricálcico, es el compuesto que toma el papel del catalizador de la reacción química sobre todo en los silicatos produciendo un fraguado acelerado. Para reducir el periodo de este fenómeno es necesario adicionarle yeso en el proceso de fabricación.

## El comportamiento de la composición química y física del cemento

El cemento debe considerar que sus propiedades químicas y físicas se rigen según las condiciones siguientes:

- la sección N°6 : Chemical Composition
- Sección N°7 Physical Properties – ASTM -150
- Manual de Estandares de ASTM

**Tabla 3: Composición química del cemento portland Tipo I– ASTM C-1157**

Compuesto	Formula	%
El óxido de sílice	SiO <sub>2</sub>	20.50
El óxido de hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.14
El óxido de aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.074
El óxido de calcio	CaO	62.41
El óxido de magnesio	MgO	2.10
El óxido de azufre	SO <sub>3</sub>	1.83
Otros	----	3.71

**Fuente: ASTM**

**Tabla 4: Los parámetros de los oxidos del cemento portland Tipo I–  
ASTM C-1157**

Componentes	Porcentaje (%)
CaO	61 - 67
SiO <sub>2</sub>	20 - 27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 - 7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5 - 4
MgO	0.1 - 5
SO <sub>3</sub>	1 - 3
K <sub>2</sub> O y NA <sub>2</sub> O	0.25 – 1.5

**Fuente: A.S.T.M.**

## **TIPOS DE AGLOMERANTE**

La clasificación de los diversos tipos del aglomerante mas usado en el Peru, el cemento portland se considera de acuerdo a las propiedades especificas que cada uno de ellos presenta. (NTP 334-009-2002)

Según la Asociación americana de ensayo de materiales (ASTM) en su norma C-150-99.a y la NTP 334-009-2002, clasifica a razón de sus propiedades o características a cada tipo de cementos es decir según sus propiedades particulares las clasifica de la siguiente manera: cemento **Tipo I** para el uso general, este tipo de cemento no posee propiedades especiales para la construcción, luego también clasifica como tipo II, III, IV y V que tienen diversas propiedades respecto al calor de hidratación, la resistencia a temprana edad y la resistividad a los elementos con sulfatos.

En la presente investigación se utilizó el cemento portland **Tipo I**, para la preparación del concreto patrón y de los experimentales.

## **AGREGADOS:**

Los agregados están compuestos por el conjunto de partículas solidas de diferente gradación los cuales son de origen artificial o natural, estas partículas deben de estar comprendidas en su dimensión dentro de los límites granulométricos requeridos por la norma (NTP 400.037, tanto para agregado grueso (gravas) que tiene partículas con tamaño mayor a 10mm, así como para el agregado fino (arena) que tiene partículas con tamaño hasta los 10mm. Los agregados son también conocidos como áridos, del volumen total de una mezcla de concreto, entre un 60% al 75% esta conformad por los agregados. (p12).

Los agregados pueden llegar a representar hasta los 3/4 partes del volumen de la mezcla, por lo que es necesario determinar las características físicas y mecánicas que cada zona en donde se extrae.

**Figura 2: Volumen de componentes de concreto**

AIRE	1% - 3%
CEMENTO	7% - 15%
AGUA	15% - 22%
AGREGADOS	60 % - 70 %

**Fuente: NTP 400.037.2002**

### **Requerimientos de los agregados según Norma.**

En un proceso para elaborar un concreto convencional con peso normal entre 2,200 y 2,500 kg/m<sup>3</sup>, tienen que cumplir requisitos y las especificaciones que indica la Norma Técnica Peruana: NTP-400.037-2002 y ASTM C-33, y se deberá evaluar de forma independiente los agregados grueso y fino.

Cuando se utiliza un agregado integral, comúnmente conocido en nuestro medio como “ripio” deberá ser evaluado y cumplir con la normatividad que señala la NTP E-060 Según López (1999) los agregados que se seleccionan han de ser procesados, transportados, almacenados y ser dosificados de forma tal que se logre garantizar que:

- Sea mínima la cantidad que se pierde del material fino.
- Se mantenga constante la uniformidad en el agregado.
- Evitar que se contamine con sustancias o elementos extraños
- Evitar se puedan generar roturas o la separación de sus partículas en estado fresco es decir no se produzca la segregación.

### **AGREGADO FINO:**

La norma Técnica Peruana N.T.P-400-037-2002. Define al agregado fino a aquel que proviene desagregación o desintegración que se produce en la rocas y se da de forma natural o mediante uso de maquinaria u equipos: forma artificial y, que pasa el tamiz

normalizado 9,5 mm (3/8'') y que se retiene en la malla normalizada 74 mm ó N°200 y que cumple con los límites establecidos en la norma presente.

Es una arena de origen natural o fabricada o una mezcla de ambas, esta debe dar cumplimiento a las siguientes características:

- No debe poseer mas del 45% entre 2 tamices continuos
- El modulo de fineza debe estar dentro del intervalo de 2.3 a 3.1.
- Debe ser un material limpio, es decir no debe tener:
  - material orgánico
  - limos
  - arcillas
  - otros
- el agregado fino que han sido sometido a ensayos para las impurezas de origen orgánico, verifica si estas van a producir que el color del agregado fino sea mas oscuro que el estándar, por lo que no debe ser utilizado en la construcción.

Una adecuada granulometría del agregado fino deber de cumplir con los rangos que se señalan en la tabla 5:

**Tabla 05: Rangos de los óptimos porcentajes para el agregado fino  
- Granulometría**

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8''	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	5 – 30
N° 100	0 - 10

**Fuente: NTP 400.037**



### **Las propiedades físicas de los agregados:**

Para los agregados finos que se utilizan en la elaboración del concreto han de cumplirse algunos requerimientos mínimos que la normatividad peruana señala y que permite asegurar la buena calidad de este, y por tanto el producto final resultante como el concreto.

Algunas propiedades de los agregados finos son:

#### **El Peso Unitario del agregado:**

Esta propiedad tiene su dependencia a partir de algunas condiciones intrínsecas que posee las partículas que componen el agregado como: el tamaño promedio, la forma de su superficie, la textura, gradación, etc, además de la cantidad e agua o humedad que posee en estado natural. El peso unitario también dependerá del grado de compactación al cual se le ha sometido al material y que es un factor externo al que esta sometido, del tamaño máximo que tiene las partículas y se relaciona con el volumen que posee en recipiente que lo contiene en este proceso que tiene una cuidada forma para que pueda consolidar.

#### **El Peso Específico del agregado:**

Esta propiedad física esta dada por la relación existente entre el peso y el volumen del material, a diferencia del peso unitario, no se considera el volumen que están ocupando los vacíos en el material. Es muy importante y primordial tener conocimiento de este valor, para considerarlo en los cálculos correspondiente a un diseño de mezcla y se debe de verificar que el material corresponda al peso normal del material.

#### **El contenido de humedad del agregado:**

Esta propiedad física está dada por la cantidad que contiene el agregado fino de agua. La importancia de esta característica física del material que se presenta en porcentaje radica en que puede variar la cantidad de agua que necesita una mezcla de concreto, es decir es variable.

#### **La absorción del agregado:**

Esta propiedad física representa la capacidad que posee el agregado fino para absorber agua cuando está en contacto directo con él. De forma similar a la propiedad anterior, contenido de humedad, la importancia de esta característica física radica en que puede variar la cantidad de agua que necesita una mezcla de concreto e influencia de forma directa la relación agua / cemento por ende incide en la resistencia mecánica.

**La granulometría:**

Esta característica del agregado fino es la distribución según sus tamaños de las partículas. Para realizar un análisis de la granulometría del agregado fino se debe dividir el material en fracciones con partículas del mismo diámetro o tamaño, para ello se utiliza una malla o tamiz con una longitud de abertura específica de ello según norma. La norma técnica peruana señala cuáles son los intervalos de los porcentajes que debe contar cada tamiz.

**El módulo de fineza o finura del agregado:**

Esta propiedad física representa un índice del tamaño promedio que poseen las partículas de un agregado fino: arena, esta propiedad es importante también porque nos da a conocer la uniformidad que tiene el agregado. En nuestro país la normatividad establece que el valor del módulo de finura debe encontrarse entre un intervalo de valores tales como: 2.35 y 3.15 para ser utilizado en la construcción.

**La superficie específica del agregado:**

Esta propiedad del agregado fino viene a ser la suma de todas las áreas superficiales de cada una de las partículas que componen el agregado a razón de unidad de peso. Para lograr determinarlo se debe hacer uso de 2 hipótesis de partida:

- las partículas que componen el agregado en su totalidad son esféricas
- las partículas que componen el agregado poseen un tamaño promedio que pasan por un tamiz y quedan retenidas en otro contiguo, viene a ser igual al promedio que poseen la totalidad de partículas.

**EL AGREGADO GRUESO**

La norma Técnica Peruana N.T.P-400-037-2002. Define al agregado grueso a aquel que proviene de desagregación o desintegración que se produce en la roca madre y se da de forma natural o mediante uso de maquinaria u equipos de forma artificial y, que se retiene en la malla normalizada 4.75 mm ó N°4 y que cumple con los límites establecidos en la norma presente

**Las propiedades físicas de los agregados:**

Para los agregados gruesos que se utilizan en la elaboración del concreto de elevada resistencia han de cumplirse algunos requerimientos:

- procedencia de rocas ígneas o plutónicas de grano fino
- su enfriamiento se produjo a grandes profundidades de la corteza
- poseen dureza mayor a 7
- su resistencia debe ser mayor del doble de la resistencia que se quiere alcanzar

#### **El Peso Unitario del agregado:**

Esta propiedad tiene su dependencia a partir de algunas condiciones intrínsecas que posee las partículas que componen el agregado. Su valor es el peso que se logra alcanzar en una determinada unidad de volumen. El peso unitario se expresa en kilogramos sobre por metros cúbicos. El peso unitario o aparente de un agregado grueso promedio recomendable usualmente fluctúa entre los  $1500 \text{ kg/m}^3$  y  $1700 \text{ kg/m}^3$ .

#### **El Peso específico del agregado:**

Esta propiedad física está dada por la relación existente entre el peso y el volumen del material, a diferencia del peso unitario, no se considera el volumen que están ocupando los vacíos en el material. Es muy importante porque nos da a conocer la calidad del agregado y es primordial tener conocimiento de este valor, que debe estar entre el intervalo de 2.5 a 2.8, por debajo de 2.5 los agregados pueden considerarse de mala calidad ya que poseen gran cantidad de poros y agua, son débiles por lo tanto no deben de ser utilizados para la elaboración de concretos estructurales.

#### **El contenido de humedad del agregado:**

Esta propiedad física está dada por la cantidad que contiene el agregado grueso de agua. La importancia de esta característica física del material que se presenta en porcentaje radica en que puede variar la cantidad de agua que necesita una mezcla de concreto, es decir es variable.

#### **La absorción del agregado:**

Esta propiedad física representa la capacidad que posee el agregado grueso para absorber agua cuando está en contacto directo con él. De forma similar a la propiedad anterior, contenido de humedad, la importancia de esta característica física radica en que puede variar la cantidad de agua que necesita una mezcla de concreto e influencia de forma directa la relación agua / cemento por ende incide en la resistencia mecánica.

#### **La granulometría:**

Esta característica del agregado grueso es la distribución según sus tamaños de las partículas. Para realizar un análisis de la granulometría del agregado grueso debe darse prioridad al tamaño máximo de las partículas que lo componen. Para los concretos de alta resistencia no se deben de utilizar la totalidad de su granulometría, según investigaciones los tamaños máximos permiten uniformizar los rangos que logran conseguir resistencias a compresión óptimas.

## **ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Es un ensayo normado que se realiza de conformidad a la Norma americana ATM C-39 el cual consiste en aplicar una carga axial en la parte superior de una probeta cilíndrica, debe de aplicarse de forma constante hasta llegar a la rotura del testigo de concreto o espécimen de prueba, dando como resultado la resistencia a la compresión relacionando la máxima carga que fue aplicada hasta antes de la rotura entre el área que se promedió del espécimen o probeta antes. Se debe de emplear esta propiedad ya que es la más importante de las propiedades mecánicas del concreto y además tiene gran facilidad para la realización de los ensayos además del hecho que la mayoría de propiedades del concreto van a mejorar logrando un incremento de resistencia. La resistencia en compresión de un concreto se define como la máxima carga que soporta una unidad de área por cada muestra, previo a la falla por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto Castillo, 1994).

Para determinar la resistencia a la compresión de un espécimen de concreto cilíndrico se emplea la formula siguiente:

$$F'c = P / A$$

### **Donde:**

- P : carga máxima antes de la falla (Kg)  
A : área promedio del espécimen cilíndrico (cm<sup>2</sup>)  
F'c : resistencia de rotura a la compresión

### **El agua**

La norma Técnica Peruana N.T.P-339-088-2006. Considera las características y requisitos mínimos que debe cumplir el agua que será empleada para la preparación de una mezcla de mortero o concreto, la cual debe ser preferentemente potable, ya que este cumple con la gran parte de requisitos específicos. La norma no proporciona requerimientos especiales o uniformes para los límites permisibles de los contenidos de sales o de sustancias dañinas que debe contener el agua que se utiliza en una mezcla: pasta, mortero o concreto.

La función principal del agua es de iniciar el proceso de hidratación del cemento y en segundo orden la trabajabilidad de la mezcla en estado fresco

Las características básicas del agua:

- debe ser limpia
- libre de aceites
- libre de ácidos
- libre de álcalis
- libre de sales
- libre de material orgánico

**Tabla 06: Los límites permisibles de agua para mezclas – N.T.P. 339-088**

<b>Descripción</b>	<b>Límites permisibles</b>
Cloruros	1000 ppm
Sulfatos	600 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales Solubles Totales	1500 ppm
PH	5 a 8 ppm
Sólidos en Suspensión	5000 ppm
Materia Orgánica	3 ppm

**Fuente N.T.P. 339-088.**

**Tabla 7: Requisitos del agua en concreto y su curado**

<b>Descripcion</b>	<b>Límites permitidos</b>
Cloruros (ión Cl)	
• Concreto pretensado	500 (ppm)
• Otros concretos reforzados en ambiente húmedos	1,000 (ppm)
Sulfato (ión SO <sub>4</sub> )	3,000 (ppm)
Álcalis (óxido de sodio y óxido de potasio)	600 (ppm)
Sólidos totales por masa	50,000 (ppm)
La materia orgánica	3 (ppm)
Potencial hidrogeno	5 a 8
Sólidos en suspensión	5,000 (ppm)

Fuente: N.T.P. 339-088 339-088, 2014 y Rivva, 2013 pág. 30

### **Factores que Inciden en la Resistencia**

#### **La relación Agua-Cemento (A/C)**

Es un factor primordial en la incidencia de la resistencia del concreto, viene a ser la cantidad del agua en masa, que no incorpora el agua absorbida por la arena y por la piedra sobre la cantidad de aglomerante en masa. El diseño de una resistencia a compresión del concreto está basada de acuerdo a la relación A/C que se obtuvo del diseño de mezcla, por lo que se infiere que a mayor cantidad de agua en la mezcla, tendrá que considerarse más cantidad de cemento con la finalidad que no varíe y cuando se disipe la parte de agua que se evapora en la reacción química, la pasta de cemento ha de ser más porosa por tanto su resistencia se verá disminuida (Niño, 2010, p.120).

La relación agua – cemento según Niño (2010) señala que Duff Abrams en el año de 1918, para un concreto correctamente compactado, la cantidad de agua en la mezcla se fija por el tamaño de los agregados, la cantidad de cemento y la consistencia del concreto, para un número de 32 investigaciones, Abrams emplea materiales con iguales características y procesos en los ensayos, obteniendo como conclusión que la resistencia a una edad determinada (7,14 y 28 días), es inversamente proporcional a la relación agua / cemento (p.120).

$$R = \frac{A}{B}$$

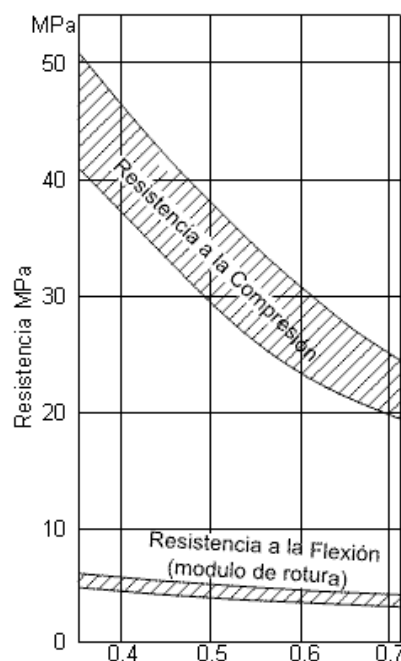
Donde:

R = resistencia a compresión del concreto

A , B = Constantes empíricas

a/c = relación agua-cemento

**figura 3: Resistencia vs relación a/c**



Fuente: <https://www.ingenierocivilinfo.com/2011/04/relacion-aguacemento-ac.html>

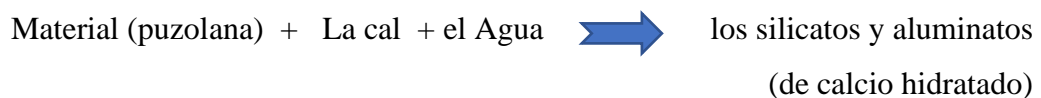
### **Las puzolanas:**

Según Salazar, A (2002) las puzolanas vienen a ser los materiales que no tienen o carecen de propiedades cementantes y que por si mismos no producen una actividad hidráulica, es decir no se puede generar la hidratación, este material se conforma o está constituido por la combinación de esta con un producto calcáreo: la cal aérea o hidráulica a una temperatura ambiente común con la presencia de agua. El resultado de esta combinación origina compuestos permanentemente no solubles y estables los cuales presentan un comportamiento de aglomerante

hidráulico. Es así que las puzolanas proporcionan entonces las propiedades cementicias a un conglomerante no hidráulico, como ejemplo podemos señalar la cal.

### **Las propiedades físicas de los agregados:**

Según Salazar, A (2002) define que la actividad puzolánica se refiere a la máxima cantidad del compuesto hidróxido de calcio necesario para que se pueda combinar a la velocidad que se desarrolla esta reacción química:



Los materiales considerados puzolánicos dependen de:

- La naturaleza y la proporción de fases activas de la puzolana.
- La superficie específica de las partículas o finura de ellas.
- La temperatura de reacción química

Los materiales con reacción puzolánica/cal por lo general vienen a ser de tipos similares así como los productos de hidratación del cemento portland: compuestos primarios: silicatos y aluminatos:

Silicatos cálcicos hidratados

- Silicatos cálcicos hidratados CSH
- Aluminatos cálcicos hidratados CAH
- Silice - Aluminatos cálcicos hidratados CSAH

### **LIMADURAS DE ACERO**

También se le conoce como viruta de acero y es un residuo industrial proveniente de las labores de labrado, figurado y de ornamentación del acero inoxidable, dichas labores se realizan en los talleres que están dedicados a este fin en la ciudad de Huaraz, así como en todas las ciudades con industria metal mecánica, es en este contexto que se realiza el uso de este residuo previa limpieza de impurezas que contiene y de un tratamiento de selección se procede a incorporarlo en a la mezcla



de concreto en cantidades elegidas por el autor con la pretensión de que el producto final pueda lograr la mejora de las propiedades mecánicas del concreto es decir la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, existiendo precedentes de trabajos similares que obtuvieron resultados positivos en el comportamiento del concreto con adición de este residuo en distintos porcentajes respecto a sus agregados.

El concreto con material de refuerzo: fibras de acero (CRFA) a lo largo de los últimos años ha venido evolucionando y cambiando en proporciones y tamaños de fibra, y a pasado a ser de un material de construcción simple hasta convertirse en la actualidad en una alternativa que se usa para la mejora de los concretos convencionales como también de los concretos armados o reforzados ya se con mallas electrosoldadas o varillas comunes, este concreto armado permite que se elaboran los elementos como vigas, columnas, placas, losas, etc. Se logra evidenciar en estos nuevos materiales de reforzamiento con fibras que proporcionan mejoras al comportamiento de la resistencia a la flexión y a la tensión en referencia a un concreto simple deficiente. Es así que se puede aseverar que la adición de fibras de acero a una mezcla mejora dicho comportamiento.

Por lo general estas fibras de acero logran en el concreto controlar el fisuramiento y a su vez logra mejorar su tenacidad. Diversos trabajos de investigación y estudios prácticos aplicados en la ingeniería civil se han desarrollado y desarrollan con éxito con el objetivo de logra la caracterización mecánica y física del concreto y su comportamiento antes esfuerzos de tensión. Sin embargo pese a la existencia de una gran experiencia en este campo se aprecia una reducida utilización de este concreto que ha sido reforzado con fibras de acero, en las distintas obras civiles de nuestra ciudad, esto se debe a la falta de recomendaciones precisas y practicas que determinan su comportamiento. Al usar fibras de acero el concreto mejora sus respuestas mecánicas ante eventos sísmicos además de mejorar las condiciones de los procesos constructivos. El uso de fibras de acero en concreto debe incidir en el uso constante y masivo en viviendas más económicas y seguras

**Figura 4: Concreto reciclado con fibras de acero.**



**Fuente: Médium Canales, F. Pág. 59**

**OPERACIONALIZACION DE VARIABLES:**

**Variable dependiente:**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN de un Concreto	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento (Juárez, E. 2005)	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga determinada.	kg/cm <sup>2</sup>

**Variable independiente:**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>
ADICION DE LIMADURAS DE ACERO	Adición de un porcentaje de limaduras de acero en la mezcla de concreto con un diseño $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Porcentajes: -3% 5% De limaduras de acero

### **Hipótesis de investigación**

Al adicionar las limaduras de acero en 3% y 5% a una mezcla de concreto convencional con Resistencia de diseño  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  mejoraría su comportamiento mecánico debido a su contenido de hierro, sílice que posee este residuo de la industria metalmeccánica de la ciudad de Huaraz

### **OBJETIVOS:**

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión de un concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de limaduras de acero en 3% y 5% en la ciudad de Huaraz.

#### **OBJETIVO ESPECIFICOS:**

- Determinar la caracterización de las limaduras de acero que se incorporaran a la mezcla.
- Determinar la composición química mediante el ensayo de Fluorescencia de rayos X (FRX) de las limaduras de acero.
- Determinar el grado de alcalinidad (PH) de limaduras de acero.
- Determinar la relación Agua/Cemento de la muestra de concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  patrón. Mediante el diseño de mezcla
- Análisis y Comparación de la Resistencia a la compresión y flexión del concreto convencional y experimental con adición de 3% y 5% de limaduras de acero.

## II. METODOLOGIA




























### TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION:

#### Tipo de investigación:

- a) **Según el proceso:** Aplicada, porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar dar soluciones a fin de conocer la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de limaduras de acero en 3% y 5%.
- b) **En coherencia con el fin de la ciencia:** Explicativa, porque los datos de la investigación han sido obtenidos de los resultados de los ensayos que se han realizado durante el proceso de la investigación. Se utiliza la experimentación.

#### Diseño de investigación:

Es un diseño a nivel cuasi experimental del tipo bloque, siendo el diseño el siguiente:

Dias de curado	Resistencia a la Compresión de un Concreto		
	Muestra Patrón	Adición 3%	Adición 5%
7d			
			
			
14d			
			
			
28d			
			
			

### **POBLACION Y MUESTRA:**

Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido un diseño de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Para la resistencia a la compresión la muestra estuvo compuesta por 27 probetas de concreto con un diseño de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . 9 probetas de control al 0% de adición y 9 probetas con adición al 3% con limaduras de acero y 9 probetas con adición al 5% con limaduras de acero. Las muestras fueron evaluadas a los 7 días, 14 días y 28 días de curado.

Para la elaboración de las unidades de estudio: probetas cilíndricas y prismas se utilizaron las siguientes referencias:

- Las limaduras de acero que fueron recolectadas en los talleres de la ciudad de Huaraz y tratadas por el tesista, las cuales son de procedencia de puntos de desecho de los talleres o industria metalmeccánica de la ciudad de Huaraz
- La piedra de 3/4" y arena para el diseño de probetas se han obtenido en la ciudad de Chimbote, ya que existe disponibilidad de materiales pétreos de las canteras: "Rubén" para el agregado grueso(piedra) y "Vesique" para el agregado fino (arena gruesa), con resultados aceptados por la norma en trabajos preliminares
- Cemento Portland Tipo I

### **TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION:**

<b>TECNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Observación	Guía de Observación: - Fichas técnicas de las pruebas a aplicarse.

Se aplicaron como técnica la observación ya que los materiales que se han usado se percibieron de forma directa y fueron registrados en forma cuidadosa y con la experticia propia del personal técnico del laboratorio de la Universidad San Pedro. Se menciona que la totalidad de las observaciones realizadas se

pusieron por escrito en libretas de anotaciones lo más pronto que fue posible para no tener equivocaciones y ser pasadas posteriormente a los registros digitales. Para esto se utilizó guías de observación resumen como instrumentos importante en la investigación porque nos permitió que se pudieran generar datos sistematizados y organizados convenientemente a criterio del autor hasta clasificarlos de forma adecuada de por lo que se dispuso de ejecución de ensayos del concreto fresco, de la resistencia a la compresión.

Para esta investigación se usaron como muestra un numero de 27 unidades muestrales de concreto de diseño  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Se elaboraron y ensayaron nueve muestras con adición de 3% de limaduras de acero provenientes de talleres de la ciudad de Huaraz-Ancash, se elaboraron nueve muestras con adición de 5% y por último se elaboraron nueve muestras sin adición de limaduras de acero de la ciudad de Huaraz-Ancash. A los 7 días de curado se evaluaron 3 muestras de concreto patrón, 3 muestras de concreto con adición de 3%, y 3 muestras de concreto con adición de 5%, así también se procedió a los 14 días y a los 28 días de curado.

La razón por la que estos materiales son materias primas. AGUA, AGREGADOS, CEMENTO Y LIMADURAS DE ACERO.

**Agregados:**

CANTERA “RUBEN”: Agregados gruesos se encuentran ubicados en:

Localidad : Chimbote

Distrito : Chimbote

Provincia : Santa.

Coordenadas : -9.040532, -78.5614564

Altitud:25 msnm

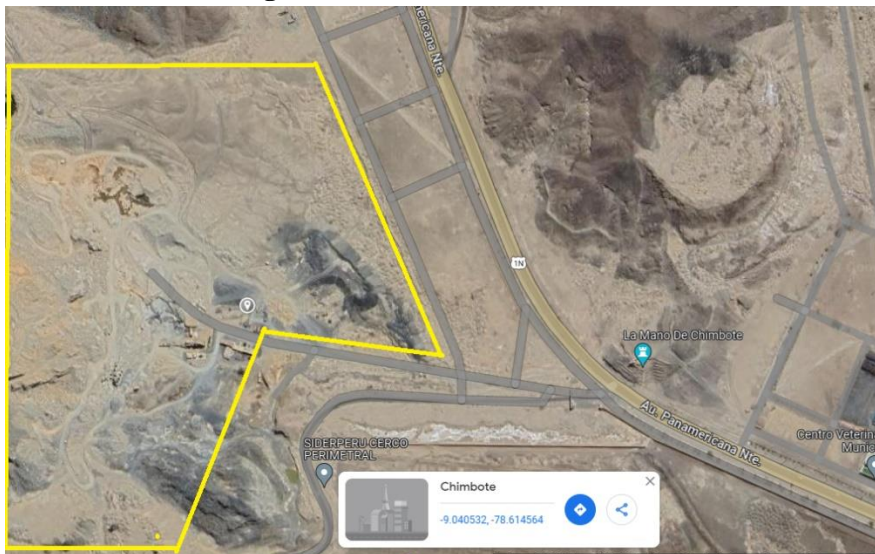
Se ubica del lado izquierdo de la carretera Panamericana – antes de túnel de Coishco a 2.5 kilómetros al norte de Chimbote.

Accesibilidad: El acceso principal a la cantera es por la carretera Panamericana norte antes del túnel de Coishco.

Sistemas de explotación: se realiza con el uso de equipamiento de equipos mecánicos como fajas, chancadoras y maquinaria pesada: volquetes, retroexcavadoras, cargadores frontales.

Tipos de agregados: los materiales de construcción comercializados por esta cantera son piedra grande. Piedra mediana piedra triturada de 1 ½”, 1”, 3/4”, 1/2”, 1/4” o confitillo, hormigón y arenas gruesa.

**Figura 5: Ubicación cantera Ruben**



Fuente: Google maps

**Figura 6: materiales de cantera**



Fuente: elaboración propia

CANTERA “VESIQUE”: Agregados finos se encuentran ubicados en:

Localidad : Vesique

Distrito : Samanco

Provincia : Santa.

Coordenadas : -9.195199, -78.465209

Altitud:25 msnm

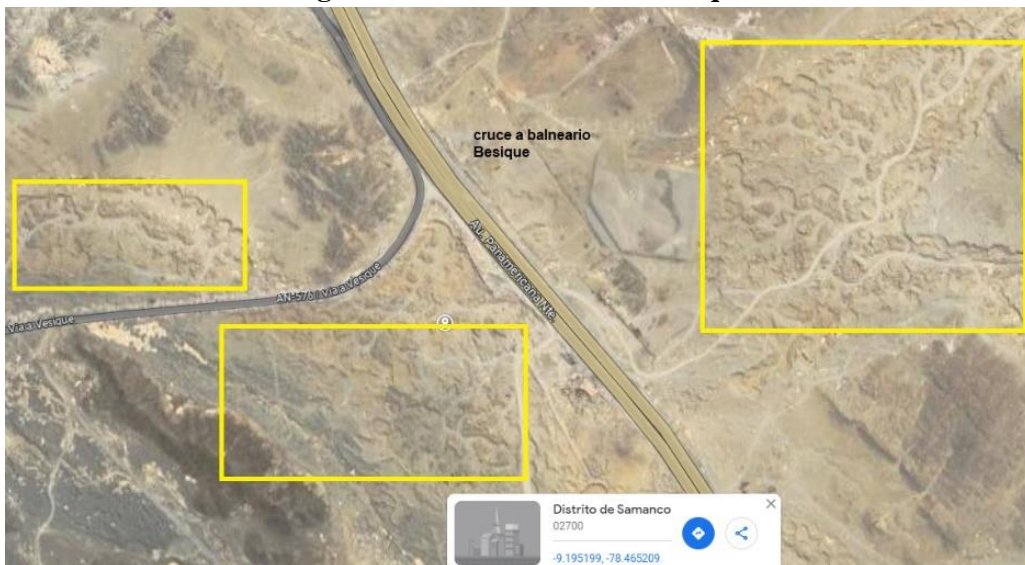
Se ubica del lado derecho de la carretera Panamericana – antes del cruce a balneario de Vesique a 5.0 kilómetros al Sur de Nuevo Chimbote.

Accesibilidad: El acceso principal a la cantera es por la carretera Panamericana norte antes del cruce de balneario Vesique.

Sistemas de explotación: se realiza con el uso de equipamiento de equipos como fajas, zarandas y maquinaria pesada: volquetes, retroexcavadoras, cargadores frontales.

Tipos de agregados: los materiales de construcción comercializados por esta cantera son: arena gruesa, arena fina y hormigón

**Figura 7: Ubicación cantera Vesique**



Fuente: Google maps



## **1. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION:**

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS v21.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- Cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de concreto patrón sin la adición de las limaduras de acero mediante el método ACI

### **PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN:**

Las limaduras de acero que fueron recolectadas por el autor son provenientes de los talleres de metalmecánica y talleres de soldadura de la ciudad de Huaraz, las cuales son producto resultante de los trabajos de corte con torno de barras de acero o ángulos que son utilizados en las estructuras metálicas, estas se seleccionaron de forma homogénea sin presencia en su superficie de restos de oxidación u otras impurezas superficiales de las partículas.

Se realizó la separación de limaduras que tenían longitudes mayores a 5 centímetros. Las piezas más grandes se separaron y no fueron usadas en la investigación. El peso de la muestra se obtiene con la superficie seca saturada. Se determinará este peso y todos los otros pesos según la dosificación de mezcla, utilizando balanza con una precisión de 0,5 gramos. Después de pesar, se colocó inmediatamente de forma separada para cada probeta.

### **III. RESULTADOS**

1. Respecto a la caracterización de las limaduras de acero tenemos los siguientes resultados:

- Tamaño de la limadura

Las limaduras de acero tuvieron tamaños variados en un intervalo de 2 a 4 centímetros

- Procedencia

La materia prima utilizada en la investigación, corresponde a perfiles de fierro, tuberías metálicas de fierro y acero, tubos sólidos, etc. la mayoría de ellos para piezas o elementos que conforman estructuras metálicas como serchas para grandes coberturas.

- Costo aproximado

Respecto a los costos del material residual, fue solo referencial, respecto a un valor oficial, debido a que se considera un material de desecho. Para la investigación el costo del material residual de limaduras de acero fue de 10 soles por cada kilogramo considerando un promedio aproximadamente

- Origen,

Proviene de los talleres de metalmecánica, que realizan trabajos de rolado de elementos metálicos

2. En el objetivo específico 2 se solicitaba determinar la composición química, la cual de acuerdo a antecedentes se compone de la siguiente manera:

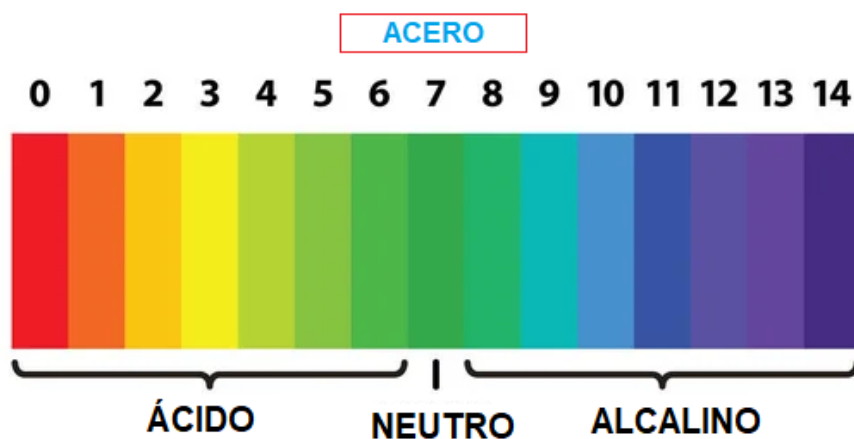
Si bien es cierto estos datos corresponden al material en estudio, también se realizó un ensayo de fluorescencia de rayos X. en el laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Trujillo permitiendo determinar nuestra composición específica para las limaduras de hacer.

Tabla N° 03: Composición química de las limaduras de acero		
Elemento químico	Simbología	Porcentaje
OXIDO DE FIERRO	FeO	60.5%
CARBONO	C	15.5%
OTROS	---	25.0%

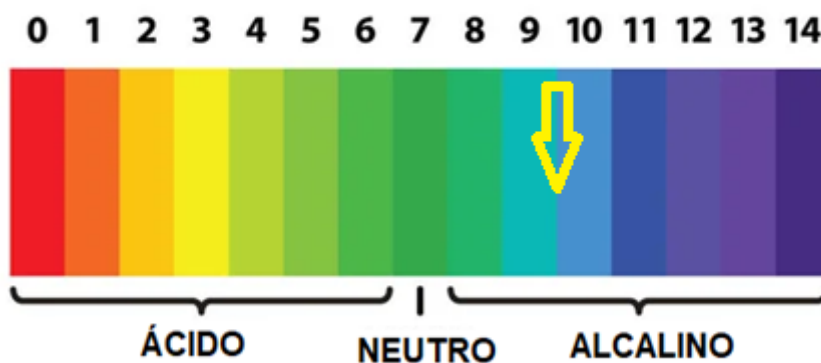
Fuente: antecedentes.

- El grado de alcalinidad (PH) de limaduras de acero. Pertenece a un material alcalino debido a que su valor es de 9.50

## Escala pH



## Escala pH



4. Respecto al objetivo específico 4 para lograr determinar la relación Agua/Cemento de la muestra de concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  patrón se han estudiado las características físicas y mecánicas de los componentes pétreos para elaborar un diseño de mezcla para el concreto  $F'c 210 \text{ Kg/cm}^2$  al cual se le adicionará limaduras de acero en porcentajes de 3% y 5% respecto al peso de su agregado fino.

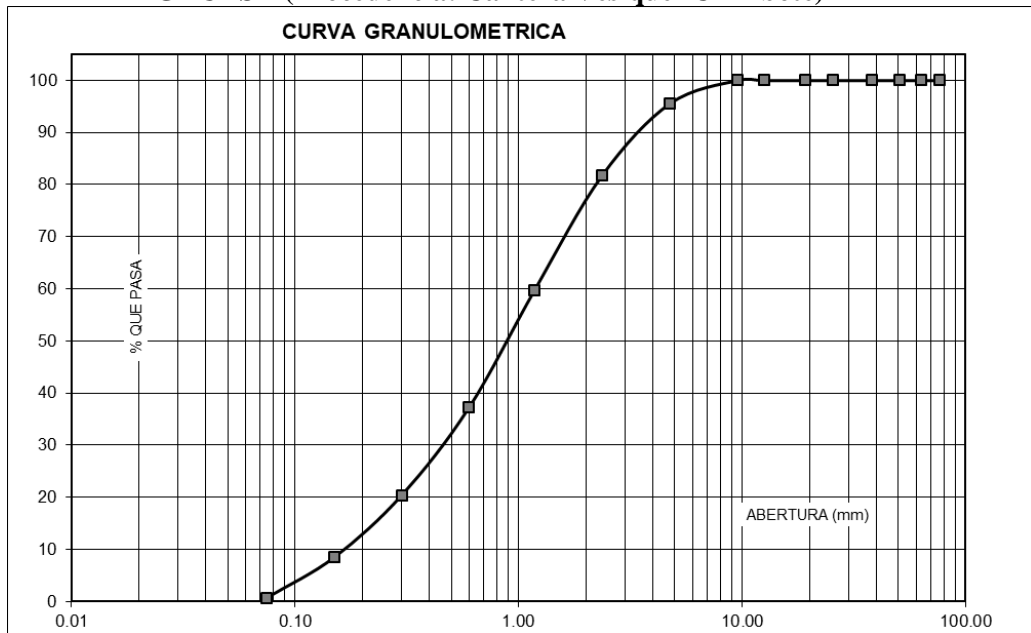
➤ Resultados de la granulometría de la arena gruesa: **AGREGADO FINO**

**Tabla N°08: Granulometría del agregado fino: Arena gruesa (Procedencia: Cantera Vesique - Chimbote)**

Abertura mm	Pulg/N°	Peso retenido parcial (gr)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
9,52	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.0
4,76	N° 4	56.0	4.4	4.4	95.6
2,36	N° 8	175.9	13.9	18.3	81.7
1,18	N° 16	277.8	21.9	40.2	59.8
0,60	N° 30	286.0	22.6	62.8	37.2
0,30	N° 50	213.1	16.8	79.7	20.3
0,15	N° 100	150.6	11.9	91.6	8.4
0,08	N° 200	98.5	7.8	99.3	0.7
A.S.T.M. C_117_04	<b>Plato</b>	8.5	0.7	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>1039.8</b>	<b>100</b>		

Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio USP -2023

**Figura N°09: Granulometría del agregado fino: ARENA GRUESA (Procedencia: Cantera Vesique -Chimbote)**



Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal– Ensayos de Laboratorio USP-2023

**Tabla N°9: Modulo de Fineza de agregado fino: ARENA GRUESA (Procedencia: Cantera Rubén -Chimbote)**

Material	Valor	Intervalo
Arena	2.97	2.3 – 3.1

Fuente: Soriano Caballero Jorge. Estudios de Laboratorio Universidad San Pedro

Según los resultados mostrados en la tabla N°02 se considera que se encuentra entre los límites que indica la norma, por lo tanto, se determina que el agregado fino es ACEPTABLE, para su uso en la elaboración del concreto.

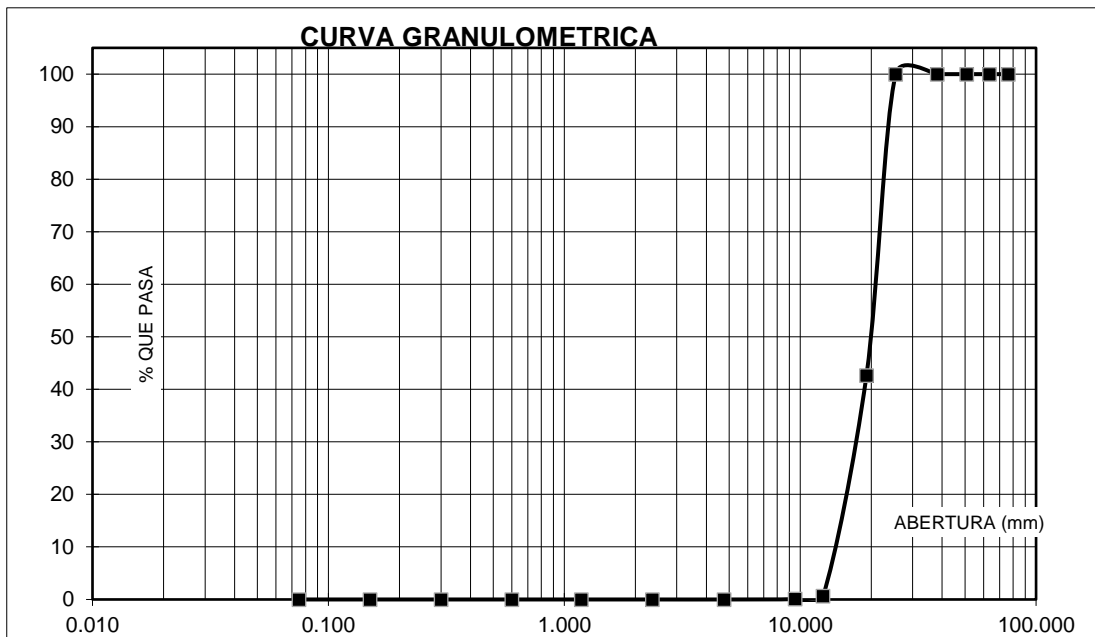
➤ Resultados de la granulometría de la arena gruesa: **AGREGADO GRUESO**

**Tabla N°10: Granulometria del agregado grueso: GRAVA (Procedencia: Cantera Rubén -Chimbote)**

Abertura		Peso retenido parcial (gr)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
mm	N°				
76,200	3 “	0.00	0.0	0.0	100.0
63,500	2 ½”	0.00	0.0	0.0	100.0
50,800	2 ”	0.00	0.0	0.0	100.0
38,100	1 ½”	0.00	0.0	0.0	100.0
25,400	1”	0.00	0.0	0.00	100.0
19,100	¾”	6839.6	57.4	57.4	42.6
12,500	½”	5008.9	42.0	99.4	0.60
9,520	3/8”	66.00	0.6	100.0	0.10
4,760	4	8.70	0.1	100.0	0.00
A.S.T.M. C_117_04	<b>Plato</b>	0.00	0.0	100.0	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1155.5</b>	<b>100</b>		

Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio  
Universidad San Pedro-2023

**Figura 10: CURVA GRANULOMETRICA de agregado grueso: Piedra triturada de cantera “Ruben” – Chimbote - 2023**



Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023

➤ **PESO UNITARIO SUELTO**

Para determinar el peso suelto del agregado fino se ha utilizado un molde en el cual se procedió a colocar en su interior el material proveniente de la cantera Vesique hasta rellenarlo por completo, posteriormente se realizó el pesado del agregado y también el molde.

➤ **PESO UNITARIO COMPACTADO**

Para determinar el peso compactado del agregado de ha utilizado un molde metálico en el cual se colocó el material proveniente de la cantera Vesique en tres capas, y en cada una de las capas se realizó un proceso de compactado mediante un elemento metálico o pisón dejándolo caer 25 veces, posteriormente se procedió al pesado del agregado y también del molde.

Los resultados obtenidos en los procedimientos antes mencionados se muestran a continuación:

**Tabla 11: Resultado de PESO UNITARIO SUELTO – Agregado Fino de la cantera “Vesique” – Chimbote 2023**

muestra	Peso unitario Suelto		
	01	02	03
Pes. de material. + Pes. Molde	7803.5	7787.5	7795.5
Peso de molde	3325.0	3325.0	3325.0
Peso de material	4478.5	4462.5	4470.5
Volumen de molde	2788.0	2788.0	2788.0
El peso unitario. (kg/M3)	1606.0	1601.0	1603.0
<b>Valor promedio</b>	<b>1603.0</b>		
<b>Corregido por humedad: 1598.00</b>			

Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal . Estudios de Laboratorio Universidad San Pedro

**Tabla 12: Resultado de PESO UNITARIO COMPACTADO – Agregado Fino de la cantera “Vesique” – Chimbote 2023**

muestra	Peso unitario compactado		
	01	02	03
Pes. de material. + Pes. Molde	8338.0	8351.5	8350.5
Peso de molde	3325.0	3325.0	3325.0
Peso de material	5013.0	5026.0	5025.5
Volumen de molde	2788.0	2788.0	2788.0
El peso unitario. (kg/M3)	1798.0	1803.0	1803.0
<b>Valor promedio</b>	<b>1801.0</b>		
<b>Corregido por humedad: 1795.0</b>			

Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal. Estudios de Laboratorio Universidad San Pedro



**Tabla 13: Resultado de PESO UNITARIO SUELTO – Agregado Grueso de la cantera “Ruben” – Chimbote 2023**

muestra	Peso unitario Suelto		
	01	02	03
Pes. de material. + Pes. Molde	189750	19100	19150
Peso de molde	3325.0	3325.0	3325.0
Peso de material	4478.5	4462.5	4470.5
Volumen de molde	13622	13982	14022
El peso unitario. (kg/M3)	1456.0	1494.0	1499.0
<b>Valor promedio</b>	<b>1483.0</b>		
<b>Corregido por humedad: 1480.0</b>			

Fuente: Soriano Caballero Jorge. Estudios de Laboratorio Universidad San Pedro

**Tabla 14: Resultado de PESO UNITARIO COMPACTADO – Agregado Grueso de la cantera “Ruben” – Chimbote 2023**

muestra	Peso unitario compactado		
	01	02	03
Pes. de material. + Pes. Molde	20050	20100	20350
Peso de molde	3325.0	3325.0	3325.0
Peso de material	14922	14972	15222
Volumen de molde	2788.0	2788.0	2788.0
El peso unitario. (kg/M3)	1595.0	1601.0	1627.0
<b>Valor promedio</b>	<b>1608.0</b>		
<b>Corregido por humedad: 1605.0</b>			

Fuente: Soriano Caballero Jorge. Estudios de Laboratorio Universidad San Pedro

➤ **GRAVEDAD ESPECIFICA ABSORCION**

Para determinar la gravedad específica de los agregados se escogió una parte de este, previamente cuarteado, al cual se le sometió a un proceso de zarandeo en mallas consecutivas 100 y 200, luego ese agregado se lavó y se dejó por un periodo de 24 horas a temperatura ambiente, se realizó luego el secado respectivo del material hasta su totalidad para realizar el ensayo de cono de absorción, colocando 500 gramos de material en la fiola y se le adicionó agua, paso siguiente se agitó por un tiempo de 30 segundos con el objetivo de eliminar la totalidad de los vacíos que contenía, luego se colocó en el horno por un día.

**Tabla 15: Resultado de GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION – Agregado Fino de la cantera “Vesique” y Agregado Grueso de la cantera “Ruben” – Chimbote 2023**

Característica	Tipo de agregado	
	Fino	Grueso
Peso específico aparente ( <b>Kg /m<sup>3</sup></b> )	2.722	2.925
Absorción ( % )	1.01	0.41

Fuente: Soriano Caballero Jorge. Estudios de Laboratorio Universidad San Pedro

➤ **CONTENIDO DE HUMEDAD**

Para determinar el contenido de humedad de los agregados utilizados en el concreto fue necesario contar con una cantidad pequeña de arena gruesa proveniente de la cantera de Vesique, así como de Piedra proveniente de la cantera Rubén, las cuales se colocaron en dos recipientes metálicos rotulados de forma específica, y se introdujo al horno con una temperatura controlada de 110 ° C por un periodo de tiempo de 24 horas, transcurrido este tiempo se retiró las muestras y se procedió a realizar el pesado correspondiente, obteniéndose el contenido de humedad respectivo tanto para el agregado fino como para el agregado grueso. Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 16: Resultado de CONTENIDO DE HUMEDAD –  
Agregado Fino de la cantera “Vesique” – Chimbote 2023**

<b>Contenido de humedad agregado fino -ASTM 2216</b>			
<b>Peso</b>			
<b>A</b>	Recipiente + suelo natural	974.3	1027.4
<b>B</b>	Recipiente + suelo seco	971.3	1024.4
<b>C</b>	Agua	3.0	3.0
<b>D</b>	Recipiente	169.2	211.2
<b>E</b>	Suelo seco	802.1	813.2
<b>F</b>	<b>Humedad</b>	0.37	0.37
	<b>Promedio</b>		<b>0.37</b>

Fuente: Soriano Caballero Jorge. Estudios de Laboratorio Universidad San Pedro

**Tabla 17: Resultado de CONTENIDO DE HUMEDAD –  
Agregado Grueso de la cantera “Ruben” – Chimbote 2023**

<b>Contenido de humedad agregado grueso -ASTM 2216-71</b>			
<b>Peso</b>			
<b>A</b>	Recipiente + suelo natural	1262.8	1163.9
<b>B</b>	Recipiente + suelo seco	1260.9	1161.9
<b>C</b>	Agua	1.9	2.0
<b>D</b>	Recipiente	167.3	166.7
<b>E</b>	Suelo seco	1093.6	995.2
<b>F</b>	<b>Humedad</b>	0.17	0.20
	<b>Promedio</b>		<b>0.19</b>

Fuente: Soriano Caballero Jorge. Estudios de Laboratorio Universidad San Pedro

5. Respecto al cuarto objetivo específico de evaluar la propiedad mecánica principal de un concreto que es la resistencia a la compresión, tanto del concreto convencional o patrón  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y de los concretos experimentales con la adición limaduras de acero – Huaraz – 2023 se tiene:

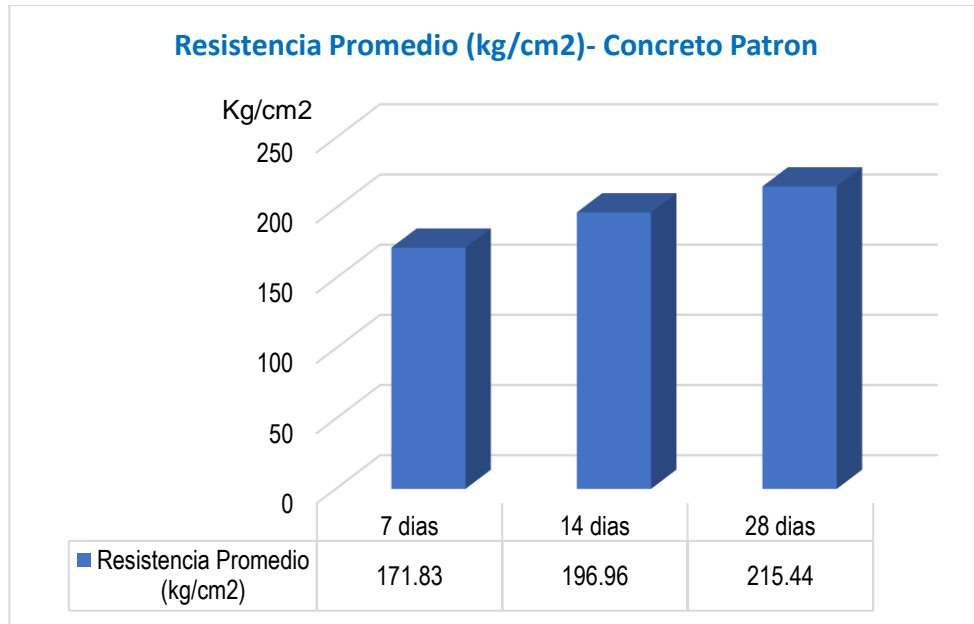
➤ **Resistencia compresión de concreto patrón**

**Tabla 18: Resistencia a la compresión de concreto patrón  $F'c$   
210 Kg/cm<sup>2</sup>**

Testigo	curado (días)	slump (pulgadas)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	% de resistencia
1	7	3.5"	169.73			
2	7	3.5"	171.77	171.83	210	82%
3	7	3.5"	174.00			
4	14	3.5"	196.79			
5	14	3.5"	196.11	196.96	210	94%
6	14	3.5"	197.97			
7	28	3.5"	219.94			
8	28	3.5"	211.63	215.44	210	103%
9	28	3.5"	214.74			

Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023

**Figura 11: Resistencia a la compresión de concreto patrón –  
Chimbote. 2022**



Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023

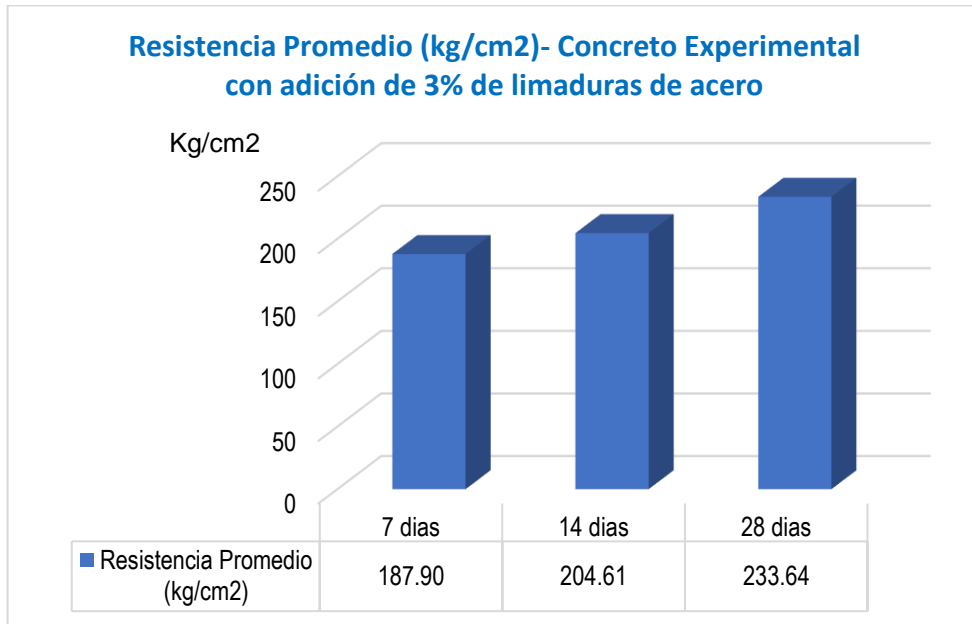
- **Resistencia compresión de concreto experimental con adición de 3% de limaduras de acero – Huaraz - 2023**

**Tabla 19: Resistencia a la compresión de concreto experimental con la adición de 3% de limaduras de acero**

<b>Testigo</b>	<b>curado (días)</b>	<b>slump (pulgadas)</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia de diseño</b>	<b>% de resistencia</b>
1	7	3.5"	185.94			
2	7	3.5"	190.80	187.90	210	89%
3	7	3.5"	186.97			
4	14	3.5"	202.23			
5	14	3.5"	207.06	204.61	210	97%
6	14	3.5"	204.54			
7	28	3.5"	236.47			
8	28	3.5"	233.39	233.64	210	111%
9	28	3.5"	231.05			

Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023

**Figura 12: Resistencia a la compresión de concreto experimental con la adición de 3% de limaduras de acero**



Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023

➤ **Resistencia compresión de concreto experimental con adición de 5% de limaduras de acero – Huaraz - 2023**

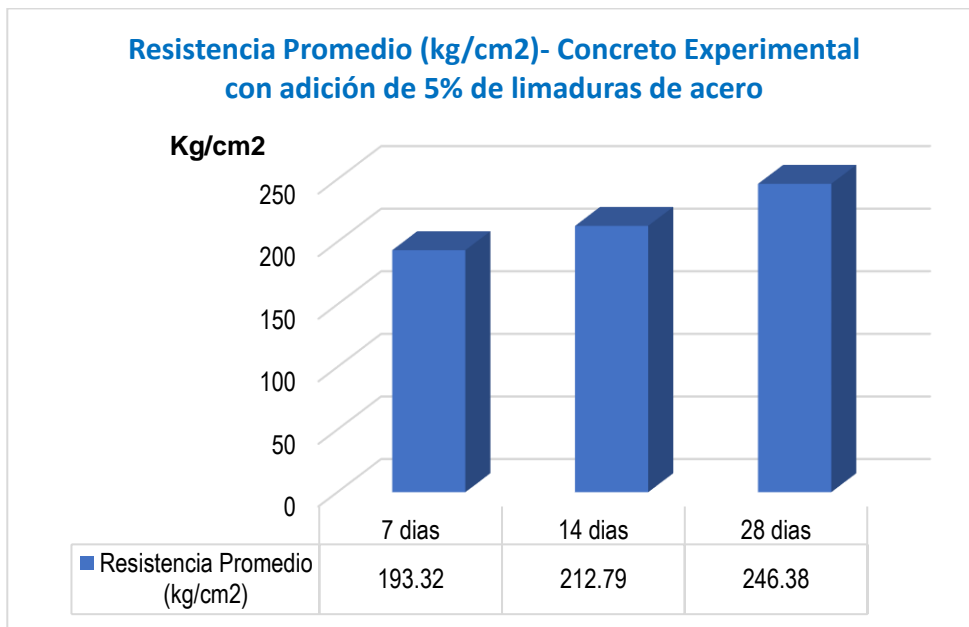
**Tabla 20: Resistencia a la compresión de concreto experimental con la adición de 5% de limaduras de acero**

Testigo	curado (días)	slump (pulgadas)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño	% de resistencia
1	7	3.5"	191.35			
2	7	3.5"	196.24	193.32	210	92%
3	7	3.5"	192.37			
4	14	3.5"	213.10			
5	14	3.5"	215.27	212.79	210	101%
6	14	3.5"	210.01			
7	28	3.5"	247.49			
8	28	3.5"	249.71	246.38	210	117%
9	28	3.5"	241.93			

Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023



**Figura 13: Resistencia a la compresión de concreto experimental con la adición de 5% de limaduras de acero**



Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023

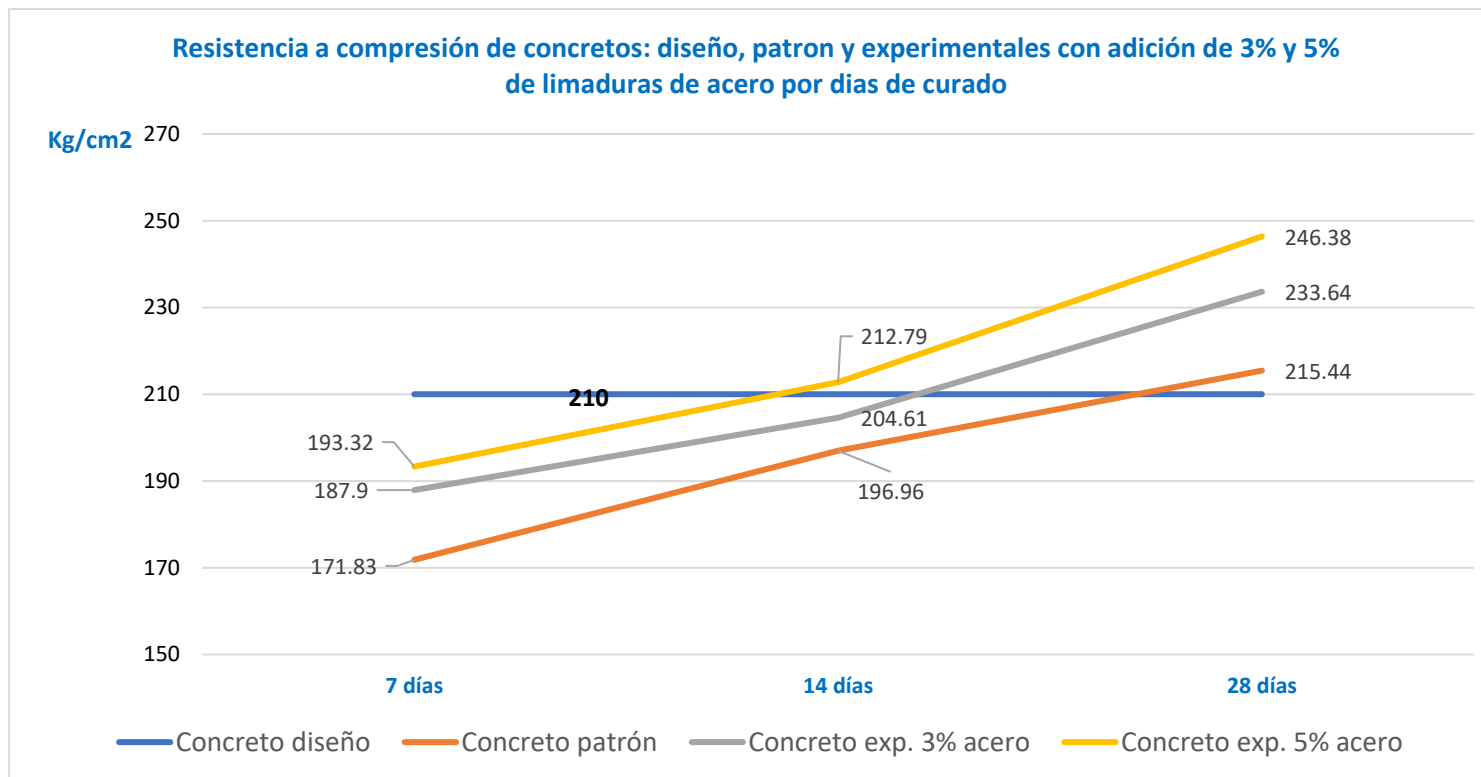
- A continuación, se presenta la comparación de la resistencia compresión de concreto patrón y experimentales con adición de 3% y 5% de limaduras de acero – Huaraz - 2023

**Tabla 21: Resistencia a la compresión de concreto experimental con la adición de 5% de limaduras de acero**

<b>Resistencia a compresión</b>				
	<b>Concreto diseño</b>	<b>Concreto patrón</b>	<b>Concreto exp. 3% acero</b>	<b>Concreto exp. 5% acero</b>
<b>Curado</b>	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
7 días	210	171.83	187.9	193.32
14 días	210	196.96	204.61	212.79
28 días	210	215.44	233.64	246.38

Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023

**Figura 14: Resistencia a compresión de concreto de diseño, patron y experimentales con adición de 3% y 5% de limaduras de acero**



Fuente: Soriano Caballero Jorge Vidal – Ensayos de Laboratorio Universidad San Pedro-2023

#### IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

El material residual de los trabajos con materiales metálicos en talleres de la ciudad de Huaraz han sido caracterizados con algunas condiciones promedio de tamaño similar a los que fueron utilizados en investigaciones anteriores que permiten su mejor maniobrabilidad y no generan la disminución de su trabajabilidad, por lo que las limaduras de acero tuvieron tamaños variados en un intervalo de 2 a 4 centímetros tamaños promedio que se generan en la mayoría de talleres y proceden de perfiles de fierro, tuberías metálicas de fierro y acero, tubos sólidos, etc. la mayoría de ellos para piezas o elementos que conforman estructuras metálicas como serchas para grandes coberturas. Como las investigaciones de Angarita y Rincón (2018), y Villalobos (2018) la caracterización del material fue por una longitud promedio.

La evaluación de la propiedad mecánica más importante en un material para la construcción es la resistencia a la compresión; es así, que en la Tabla N°11,12 y 13 la resistencia a compresión del concreto de diseño muestra un aumento constante de estos valores de acuerdo a los días de curado de 7, 14 y 28 días. En el concreto patrón y concretos experimentales se logra alcanzar los porcentajes que recomienda la norma según días de curado: 70% a los 7 días, 80-90% a los 14 días y más de 100% a los 28 días de curado.

En la tabla 11, la resistencia promedio del concreto patrón sigue una curva en ascenso, siendo a los 7 días de  $171.83 \text{ kg/cm}^2$  lo que representa un 82% respecto al concreto de diseño  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días alcanza una resistencia a la compresión de  $196.96 \text{ kg/cm}^2$  y el máximo valor evaluado es a los 28 días en donde se logra alcanzar una resistencia a la compresión de  $215.44 \text{ kg/cm}^2$  lo que representa un 103% respecto al concreto de diseño  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

En la tabla 12, la resistencia promedio del concreto experimental con adición de limaduras de acero en 3% sigue también una curva en ascenso, a los 7 días se obtuvo una resistencia a compresión de  $187.90 \text{ kg/cm}^2$  lo que representa un 89% respecto al concreto de diseño  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días alcanza una resistencia a la compresión de  $204.61 \text{ kg/cm}^2$  y a los 28 días se logra un máximo

valor logrando alcanzar una resistencia a la compresión de  $233.64 \text{ kg/cm}^2$  lo que representa un 111% respecto al concreto de diseño.

La resistencia del concreto experimental con adición de limaduras de acero en 5% se muestra en la tabla 13, que sus resistencia promedios van en ascenso, siendo a los 7 días de  $193.32 \text{ kg/cm}^2$  lo que representa un 92% respecto al concreto de diseño  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días alcanza una resistencia a la compresión de  $212.79 \text{ kg/cm}^2$  y el máximo valor evaluado es a los 28 días en donde se logra alcanzar una resistencia a la compresión de  $246.38 \text{ kg/cm}^2$  lo que representa un 117% respecto al concreto de diseño  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Al igual que las investigaciones realizadas por Angarita, Vera la influencia de las limaduras de acero también denominadas virutas de acero es importante cuando se le adiciona en porcentajes de entre 5% y 10 %

En el caso de Vera llego a reportar que el porcentaje de adición de 10% aumento la resistencia compresión en 28.92% respecto a la resistencia del patrón, a diferencia de nuestra investigación que el porcentaje optimo de adición fue el 5% llegando a elevar su comportamiento mecánico en 14.36% respecto al patrón y en 17% respecto a la resistencia de diseño esto se debe a la cantidad de adición en la mezcla en un 50% menos entre ambas investigaciones. Las resistencias fueron comparadas con los resultados de la resistencia a la compresión de los especímenes ensayadas a los 28 días de curado

Para hacer el estudio empleando métodos estadísticos se tendrán que hacer un gran número de ensayo, lo que en el presente trabajo no se hizo, razón por la cual solo se determinaron algunos parámetros estadísticos de los resultados obtenidos, la Resistencia promedio y rango. Las resistencias bajas obtenidas en los especímenes de los concretos experimentales con la adición de limaduras de acero en 3% y 5 %, se debe al fenómeno de entrelazamiento de los elementos de acero y la adhesión de su superficie a la pasta de cemento en la etapa inicial del fraguado del concreto ademas aporta a la disminución de los vacios en la mezcla proporcionando mayor densidad a la masa, lo que conlleva a tener una material denso, con mayor peso que responda mejor a las fuerzas que sobre el se aplica en forma axial.

La resistencia del concreto se ve afectada con la densidad del agregado u otro material inerte o inorganico que proporcione masa a la mezcla según la norma (NTP 400-021 y A.S.T.M. C.127). el concreto debe tener una densidad superior a 2.6, equivalente a un árido: piedra y arena) de alta calidad, caso contrario si el valor es inferior se reportará un material final de mala calidad (porosa, frágil y absolutamente necesaria para añadir agua, etc.).

La norma ASTM C.127 indica que el procedimiento con el que se determina la gravedad especifica en nuestro caso se obtuvieron resultados 2.925 para el agregado grueso y 2.722 para el agregado fino lo que permite aseverar que se cumple con un material de buena calidad al igual que la limadura de acero que tiene un valor superior a 2.6 en su peso específico,

## V. CONCLUSIONES

La evaluación realizada en la investigación sobre el comportamiento de la resistencia a la compresión de un concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de limaduras de acero en 3% y 5% en la ciudad de Huaraz permite afirmar que esta adición aumenta las resistencias en 8.44% y 14.36% respectivamente a los 28 días de curado respecto al concreto patrón.

Las limaduras de acero son un material inorgánico, producto residual de talleres de soldadura y metalmecánica en la ciudad de Huaraz con longitud promedio de 2<sup>a</sup> 3 centímetros.

La composición química de las limaduras de acero consta de hierro en 76% , carbono en 18% y otros 6% , los resultados han sido verificados mediante de ensayos de fluorescencia de rayos x (FRX) en investigaciones precedentes,

El potencial hidrogeno de las limaduras de acero tienen un potencial hidrogeno alcalino 9.1. lo que no incide en la reacción química que se desarrolla en el proceso de hidratación del cemento en la etapa inicial del fraguado del concreto, específicamente en la hidratación del cemento.

La relación agua cemento del concreto fue determinado considerando agregados que cumplen los estándares de calidad según Norma, y considerando una resistencia de diseño concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  siendo de  $a/c = 0.68$ .

La resistencia a la compresión del concreto experimental con adición de 5% con limaduras de acero proporcionó los mejores resultados: resistencia a compresión de  $193.32 \text{ kg/cm}^2$  a los 7 días de curado, lo que representa un 92% de la resistencia de diseño,  $212.79 \text{ kg/cm}^2$  a los 14 días de curado, lo que representa el 101% de la resistencia de diseño y presenta el mayor valor de resistencia de  $246.38 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de curado, lo que representa un 117% de la resistencia de diseño y 114.36% respecto al concreto patrón.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer ensayos para porcentajes mayores de adición de limaduras de acero desde 5% hasta 12%, haciendo uso de fibras de acero reciclado y comercial con la finalidad de poder comprobar y verificar cómo se comporta en concreto antes los ensayos de compresión

Se recomienda hacer ensayos de resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas con el porcentaje optimo hallado en esta investigación es decir el 5% de limaduras de acero, y teniendo de origen un material de desecho y poder darle un valor agregado de reutilización.

Se recomienda también incorporar las limaduras de acero en longitudes menores a las utilizadas en la investigación, de 1.00 cm ya que esto permitiría una mejor distribución en la totalidad de la masa de concreto cuando se encuentre en estado fresco, para posteriormente evaluar su comportamiento mecánico de resistencia a la compresión y flexión.

Cuando se realice la recolección de limaduras de acero utilizar los implementos de protección personal como guantes de seguridad para evitar hacerse daño por cortes y rajaduras



## VII. AGRADECIMIENTO

*Primero deseo agradecer a DIOS por haberme regalado la vida y así permitirme formar parte de una gran familia unida y sólida. También deseo agradecer a mis padres y hermanos quienes aportaron y de forma constante pudieron guiar mis pasos de formación académica y personal en la vida. Agradecer a los docentes de mi alma mater, quienes han sabido darnos una formación en el ámbito profesional, humano y con un contexto de cuidado con el medio ambiente. A todos mis amigos y muchas más personas que han formado parte de mi vida personal y académica les agradezco su consejos, apoyo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Agradecer a mi asesor Ing. Miguel Solar Jara, quien me brindo su tiempo y apoyo en esta fase tan crucial en mi formación como profesional y pueda culminar mi informe final de tesis.*

*Soriano Caballero, Jorge Vidal*

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- American Society for Testing and Materials, (ASTM). C150, 2007. Especificación Estándar para el Cemento Portland.
- German, I & Perez ,J.(2020). Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Universidad Privada del Norte. Peru.
- Norma Técnica Peruana, (NTP) 334.009, 2002. Agregados. Especificaciones Normalizadas para Agregados en Hormigón (Concreto).
- Norma Técnica Peruana, (NTP) 339.088, 2006. Agua de Mezcla Utilizada en la Producción de Concreto.
- Norma Técnica Peruana, (NTP) 400.037, 2002. Cementos Portland. Requisitos.
- Perez Veli, R. Y. (2021). La Viruta de Acero como Sustituto del Agregado Fino y Sus Propiedades en el Concreto.
- Portland Cement Association, PCA. (2004). Diseño y Control de Mezcla de Concreto. EE.UU.: Illinois.
- Rivva, E. (1996). Diseño de Mezclas. Lima, Perú: Fondo editorial ICG Rivva, E. (2002). Concretos de alta resistencia. Lima, Perú: Fondo editorial ICG
- Salazar, A. (2002). Una Manera de Entender a los Materiales Compuestos (3° edic.). Colombia: Cali.
- Sarta, H, y Silva, J. (2017). Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6% (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia

Vera, E. (2015). Resistencia a compresión axial del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de diferentes porcentajes de viruta metálica, UPN – 2015 (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Villalobos P. Magaly (2018). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando limaduras de acero. Universidad Señor de Sipan. Perú

Rafael Saavedra, Brayan Aldair Reynal Benites, Abel Jhonatan, (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

Angarita, P. P y Rincón, G.H. Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Viruta de Acero en Porcentajes de 10 y 12% Respecto al Agregado Fino de la Mezcla. Tesis de la Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña.  
<https://es.scribd.com/document/366787400/Evaluacion-de-Las-PropiedadesMecanicas-Del-Concreto-Adicionado-Con-Viruta-de-Acero-en-Porcentajes-de-10-y12-Respecto-Al-Agregado-Fino-de-La-Mezcl>

## IX. ANEXOS

Anexo 1: Análisis granulométrico de agregado fino	100
Anexo 2: Análisis granulométrico de agregado grueso	101
Anexo 3: Peso Unitario de agregado fino	102
Anexo 4: Peso Unitario de agregado grueso	103
Anexo 5: Gravedad Específica y Absorción de agregado fino	104
Anexo 6: Gravedad Específica y Absorción de agregado grueso	105
Anexo 7: Contenido de humedad de agregado fino	106
Anexo 8: Contenido de humedad de agregado grueso	107
Anexo 9: Diseño de Mezcla	108
Anexo 10: Resistencia a compresión de concreto patron	110
Anexo 11: Resistencia a compresión de concreto experimental 3%	111
Anexo 12: Resistencia a compresión de concreto experimental 5%	112
Anexo 13: Panel Fotográfico	113



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO**  
(ASTM C 136-06)

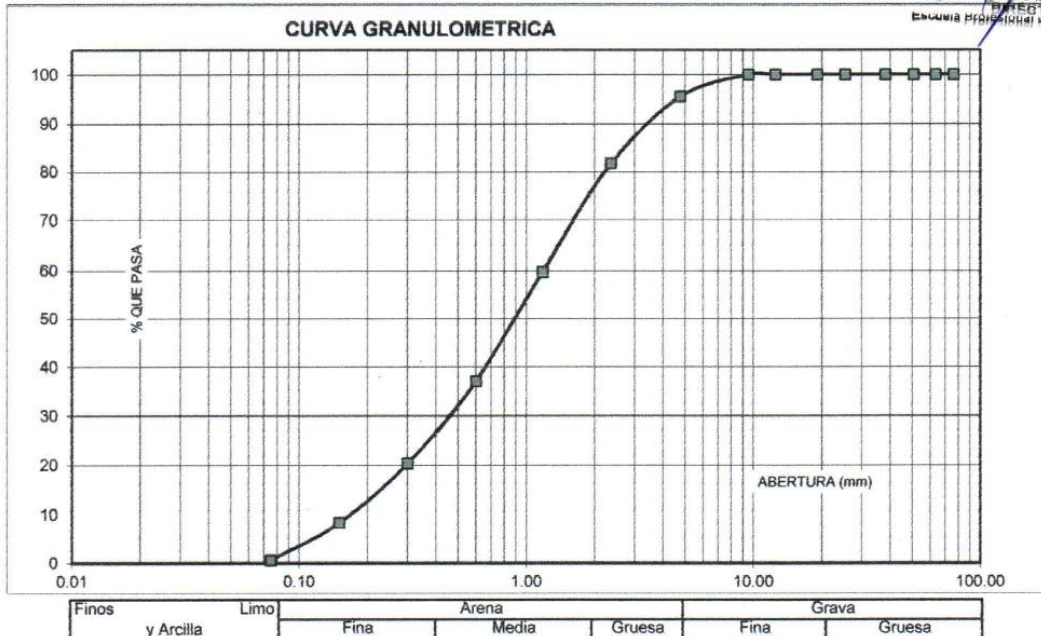
SOLICITA : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
 TESIS : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA  
 ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ.  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 22/06/2023

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert (mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	56.0	4.4	95.6
N°8	2.36	175.9	13.9	81.7
N° 16	1.18	277.8	21.9	59.8
N° 30	0.60	286.0	22.6	37.2
N°50	0.30	213.1	16.8	20.3
N° 100	0.15	150.6	11.9	8.4
N° 200	0.08	98.5	7.8	0.7
PLATO	ASTM C-117-04	8.5	0.7	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>1266.4</b>	<b>100.0</b>	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.97

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO**  
(ASTM C 136-06)

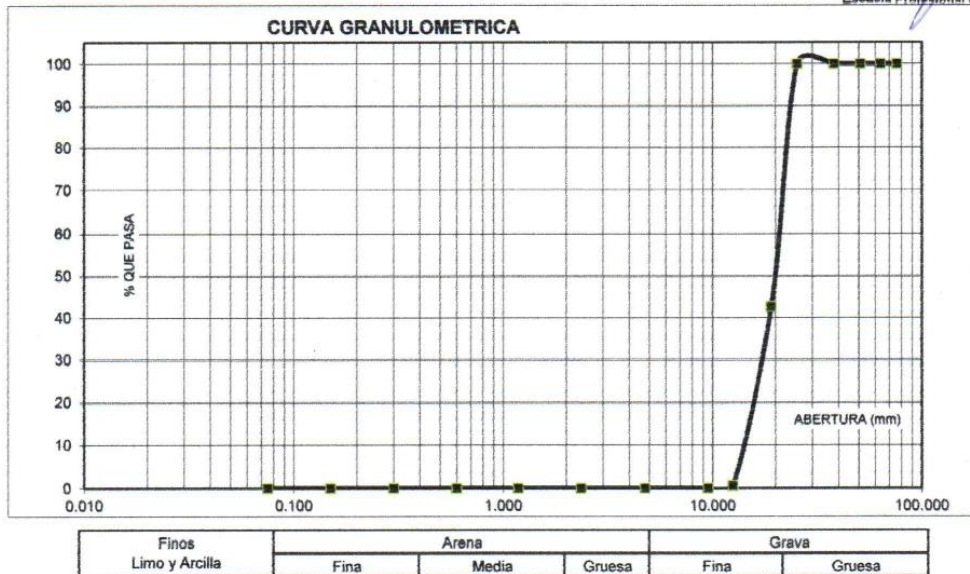
SOLICITA : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
 TESIS : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON LA  
 ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA  
 FECHA : 22/06/2023

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	6839.6	57.4	42.6
1/2"	12.500	5008.9	42.0	99.4
3/8"	9.520	66.0	0.6	99.9
N° 4	4.760	8.7	0.1	100.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0
TOTAL		<b>11923.2</b>	<b>100.0</b>	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	N° 4 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Especialista Profesional de Ingeniería Civil







**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**CANTERA** : VESIQUE  
**MATERIAL** : ARENA GRUESA  
**FECHA** : 22/06/2023

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7803.5	7787.5	7795.5
Peso de molde	3325	3325	3325
Peso de muestra	4478.5	4462.5	4470.5
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m3 )	1606	1601	1603
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>	<b>1603</b>		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1598		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8338	8351.5	8350.5
Peso de molde	3325	3325	3325
Peso de muestra	5013	5026.5	5025.5
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m3 )	1798	1803	1803
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>	<b>1801</b>		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1795		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Colegiado Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA  
ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ.  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**CANTERA** : RUBEN  
**MATERIAL** : PIEDRA CHANCADA  
**FECHA** : 22/06/2023

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18750	19100	19150
Peso de molde	5128	5128	5128
Peso de muestra	13622	13972	14022
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m3 )	1456	1494	1499
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>	<b>1483</b>		

CORREGIDO POR HUMEDAD

1480

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20050	20100	20350
Peso de molde	5128	5128	5128
Peso de muestra	14922	14972	15222
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m3 )	1595	1601	1627
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>	<b>1608</b>		

CORREGIDO POR HUMEDAD

1605

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Milton Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL





**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ -  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**CANTERA** : VESIQUE  
**MATERIAL** : ARENA GRUESA  
**FECHA** : 22/06/2023

P.E. Bulk (Base Seca)	:	2.649
P.E. Bulk (Base Saturada)	:	2.676
P.E. Aparente (Base Seca)	:	2.722
Absorción (%)	:	1.01

**ESPECIFICACIONES** : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 128

**NOTA** : La muestra fue traída por personal técnico de este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ.  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**CANTERA** : RUBEN  
**MATERIAL** : PIEDRA CHANCADA  
**FECHA** : 22/06/2023

P.E. Bulk (Base Seca)	:	2.891
P.E. Bulk (Base Saturada)	:	2.902
P.E. Aparente (Base Seca)	:	2.925
Absorción (%)	:	0.41

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 127

**NOTA:** La muestra fué traída a este laboratorio por el interesado.

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Bachiller en Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
( ASTM D-2216)

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ.  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**CANTERA** : VESIQUE  
**MATERIAL** : ARENA GRUESA  
**FECHA** : 22/06/2023

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	974.3	1027.4	
TARA + SUELO SECO (gr)	971.3	1024.4	
PESO DEL AGUA (gr)	3	3	
PESO DE LA TARA (gr)	169.2	211.2	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	802.1	813.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.37	0.37	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.37	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

(ASTM D-2216)

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ.  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**CANTERA** : RUBEN  
**MATERIAL** : PIEDRA CHANCADA  
**FECHA** : 22/06/2023

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1262.8	1163.9	
TARA + SUELO SECO (gr)	1260.9	1161.9	
PESO DEL AGUA (gr)	1.9	2	
PESO DE LA TARA (gr)	167.3	166.7	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1093.6	995.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.17	0.20	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.19	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**DISEÑO DE MEZCLA**

SOLICITA : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
TESIS : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA  
ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ  
COMO REPLAZO PARCIAL DE LAS VARILLAS DE ACERO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 22/06/2023

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.12

**B.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**C.-Agregado Fino :**

**Cantera : VESIQUE**

- Peso especifico de masa 2.68
- Peso unitario suelto 1598 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1795 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.37 %
- Absorción 1.01 %
- Módulo de fineza 2.97

**D.- Agregado grueso**

**Cantera : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.90
- Peso unitario suelto 1480 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1605 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.19 %
- Absorción 0.41 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil





**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

#### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup> .

#### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.68

#### FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 205 / 0.68 = 299.708 kg/m<sup>3</sup> = 7.05 bolsas / m<sup>3</sup>

#### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708
Agua efectiva.....	212.662
Agregado fino.....	871.116
Agregado grueso.....	969.483

#### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{871.116}{299.71} : \frac{969.48}{299.71}$$

1 : 2.38 : 2.65 : 24.69 lts / bolsa

#### PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.23 : 2.68 : 24.69 lts / bolsa

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA  
ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ.  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**FECHA** : 22/06/2023

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	PATRON	-	16/05/2023	23/05/2023	7	169.73	80.82
02	PATRON	-	16/05/2023	23/05/2023	7	171.77	81.79
03	PATRON	-	16/05/2023	23/05/2023	7	174.00	82.86
04	PATRON	-	16/05/2023	30/05/2023	14	196.79	93.71
05	PATRON	-	16/05/2023	30/05/2023	14	196.11	93.38
06	PATRON	-	16/05/2023	30/05/2023	14	197.97	94.27
07	PATRON	-	16/05/2023	13/06/2023	28	219.94	104.73
08	PATRON	-	16/05/2023	13/06/2023	28	211.63	100.78
09	PATRON	-	16/05/2023	13/06/2023	28	214.74	102.25

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

**OBSERVACIONES :** Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
RECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL-3%**

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA  
ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**FECHA** : 22/06/2023

F' C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	23/05/2023	7	185.94	88.54
02	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	23/05/2023	7	190.80	90.86
03	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	23/05/2023	7	186.97	89.03
04	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	30/05/2023	14	202.23	96.30
05	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	30/05/2023	14	207.06	98.60
06	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	30/05/2023	14	204.54	97.40
07	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	13/06/2023	28	236.47	112.61
08	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	13/06/2023	28	233.39	111.14
09	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	13/06/2023	28	231.05	110.03

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

**OBSERVACIONES :** Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Sotar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil





**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL-5%**

**SOLICITA** : SORIANO CABALLERO JORGE VIDAL  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON LA  
ADICIÓN DE LIMADURAS DE ACERO. HUARAZ.  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**FECHA** : 22/08/2023

F' C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F' C (%)
01	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	23/05/2023	7	191.35	91.12
02	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	23/05/2023	7	196.24	93.45
03	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	23/05/2023	7	192.37	91.61
04	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	30/05/2023	14	213.10	101.48
05	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	30/05/2023	14	215.27	102.51
06	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	30/05/2023	14	210.01	100.01
07	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	13/06/2023	28	247.49	117.85
08	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	13/06/2023	28	249.71	118.91
09	EXPERIMENTAL	-	16/05/2023	13/06/2023	28	241.93	115.21

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

**OBSERVACIONES :** Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

## PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 1: recolección de limalla de acero Taller – Huaraz



Figura 2: Trabajos de metalmeccanica en torno – Huaraz





Figura 3: Trabajos en torno eléctrico taller de soldadura – Huaraz



Figura 4: material de desecho de trabajos en torno eléctrico – Huaraz



Figura 5: el autor realizando la recolección de residuos en taller de soldadura – Huaraz



Figura 6: ensayos de peso específico para agregados – Laboratorio USP



Figura 7: cuarteo de los agregados grueso para ensayos de peso compactado– Laboratorio USP

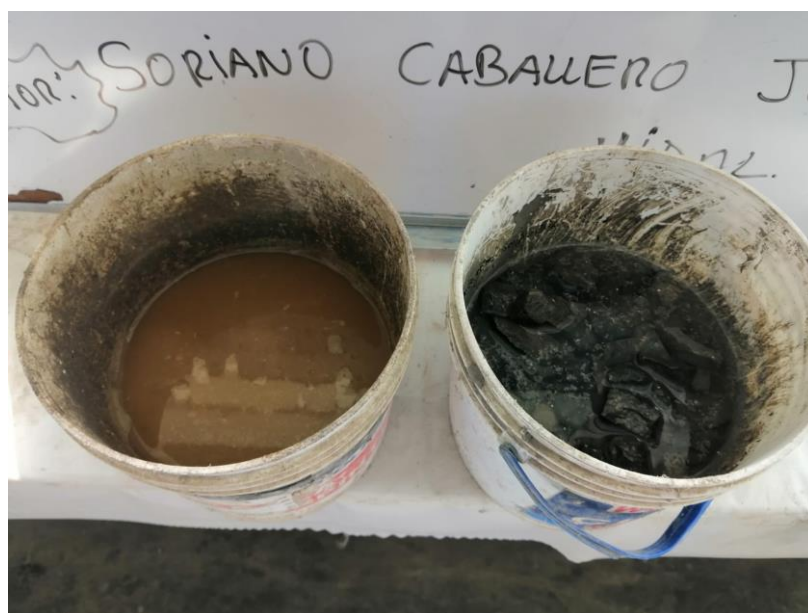


Figura 8: agregado grueso sumergido en agua para ensayo de absorción– Laboratorio USP





Figura 9: Secado de los agregados para ensayos de contenido de humedad– Laboratorio USP

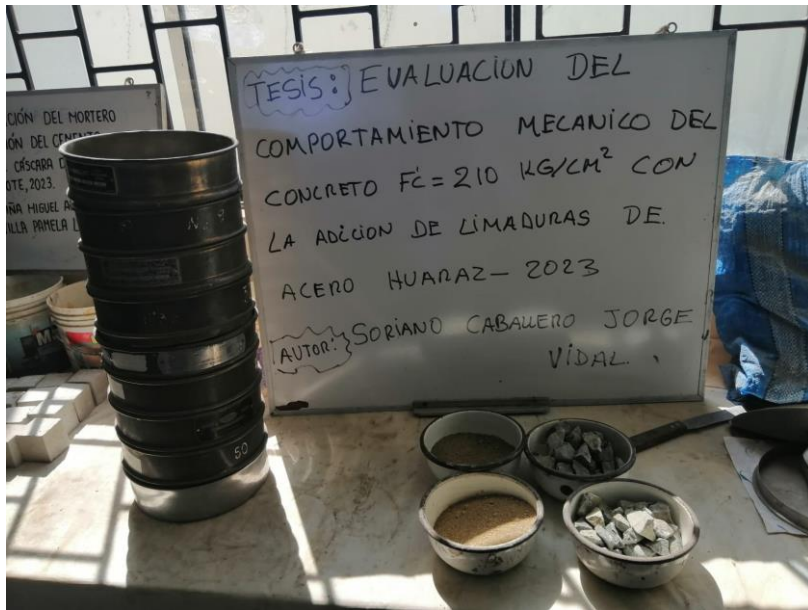


Figura 10: Agregados para ensayos de contenido de humedad– Laboratorio USP





Figura 9: Autor en horno de Secado de los agregados – Laboratorio USP



Figura 11: Autor en ensayos de rotura de probetas– Laboratorio USP



Figura 12: Ing Robert Sigüenza responsable técnico de Laboratorio USP



Figura 12: autor en las instalaciones de Laboratorio USP