

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Influencia en la resistencia a la compresión  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$   
de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5% y  
10% por cenizas de hoja de pino**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Liz Marlene Obregón Paredes

**Asesor:**

Segundo Moncada Saucedo

Huaraz – Perú

2020

### Palabras clave

Tema	Resistencia, ladrillo
Especialidad	Concreto

### Keywords

Subject	Resistance, brick
Specialty	Concrete

<b>Línea de investigación</b>	Construcción y Gestión de la Construcción
<b>Área</b>	Ingeniería y Tecnología
<b>Subarea</b>	Ingeniería Civil
<b>Disciplina</b>	Ingeniería de la Construcción

Título de la investigación

**Influencia en la resistencia a la compresión  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$   
de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5% y  
10% por cenizas de hoja de pino**

## Resumen

El presente trabajo tuvo por propósito determinar el efecto de sustituir cemento en un 5% y 10% por ceniza de hoja de pino en la resistencia a la compresión  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  de un ladrillo de concreto, con la finalidad de elaborar ladrillos de concreto que cumplan las especificaciones técnicas, para lo cual se utilizó una metodología de tipo de investigación aplicada, con un diseño de investigación experimental, para este trabajo se tuvo la unidad de análisis el ladrillo de concreto, la población y la muestra fueron 27 unidades, de los cuales 9 ladrillos sin sustitución (grupo control), y 18 ladrillos de concreto experimentales para la sustitución de cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino, el muestreo fue por conveniencia con la finalidad de determinar el efecto de la ceniza de hoja de pino en las propiedades mecánicas de un ladrillo de concreto, para ello se inició el proceso recolectando las hojas de pino y los agregados naturales, luego se evaluaron la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto patrón y experimentales con sustitución de cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino, de lo cual se obtuvo una resistencia a la compresión de  $173,83 \text{ kg/cm}^2$  y  $174,67 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente para un tiempo de curado de 28 días, lo cual represento un 99,33% y un 99,81%, de lo que se concluyó que la sustitución de cemento por ceniza disminuye la resistencia a la compresión pero es factible para la elaboración de ladrillos de concreto.

## Abstract

The present work was aimed to determine the effect of substituting 5% and 10% cement for pine leaf ash in the compressive strength  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$  of a concrete brick, first order to make bricks of concrete that meet the technical specifications, for which an applied research type methodology was used, with an experimental research design, for this work the unit of analysis was the concrete brick, the population and the sample were 27 units, of which 9 bricks without substitution (control group), and 18 experimental concrete bricks for the substitution of cement in 5% and 10% by pine leaf ash, the sampling was for convenience in order to determine the effect of pine leaf ash in the mechanical properties of a concrete brick, for this the process began collecting pine leaf ash and natural aggregates, then the resistance to compression was evaluated of the standard and experimental concrete bricks with 5% and 10% substitution of cement for pine leaf ash, from which a compressive strength of  $173,83\text{kg/cm}^2$  and  $174,67\text{kg/cm}^2$  was obtained respectively for a curing time of 28 days, which represented 99,33% and 99,81%, from which it was concluded that the substitution of cement for ash decreases the compressive strength but is feasible for the elaboration of concrete bricks.

## Índice

Palabras clave .....	i
Título de la investigación.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice .....	v
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras.....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>32</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXOS Y APÉNDICE .....</b>	<b>36</b>

## Índice de tablas

Tabla 1 Tabla de DBCA para las resistencias de los ladrillos de concreto .....	15
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de investigación.....	16
Tabla 3. Ensayos realizados a los agregados naturales.....	19
Tabla 4. Diseño de mezcla del concreto patrón y experimental .....	20
Tabla 5. Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto patrón y experimental	20
Tabla 6. Resistencia a la compresión promedio de los ladrillos de concreto patrón y experimental.....	21
Tabla 7. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a,b</sup> .....	24
Tabla 8. Pruebas de efectos inter – sujetos .....	25
Tabla 9. Comparación por parejas del porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino.....	26
Tabla 10. Resistencia a la compresión promedio de los ladrillos de concreto patrón y experimental.....	61
Tabla 11. Factores inter – sujetos .....	62
Tabla 12. Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental.....	62
Tabla 13. Medias marginales estimados para el tiempo de curado .....	62
Tabla 14. Comparaciones múltiples para la sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino.....	63
Tabla 15. Conceptuación y operacionalización de las variables .....	73

## Índice de figuras

Figura 1. Resistencia a la compresión promedio del ladrillo de concreto respecto al tiempo de curado.....	22
Figura 2. Resistencia a la compresión promedio de los ladrillos de concreto con respecto al porcentaje de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición .....	23
Figura 3. Medias marginales estimados de resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental.....	63
Figura 4. Árbol de Pino (Pinar). .....	64
Figura 5. Recolección de hojas de pino. ....	64
Figura 6. La ceniza de hoja de pino para el laboratorio.....	65
Figura 7. Peso de ceniza hojas de pino. ....	65
Figura 8. Agregado grueso para la elaboración de ladrillo de concreto (Tacllan).....	66
Figura 9. Agregado fino para la elaboración de ladrillo de concreto (Tacllan).....	66
Figura 10. Haciendo el cuarteo del agregado fino. ....	67
Figura 11. Realizando el tamizado de arena fina.....	67
Figura 12. Determinando el peso de la muestra – agregado fino. ....	68
Figura 13. Llevando el agregado fino al horno 24h de secado. ....	68
Figura 14. Preparación de la Mezcla .....	69
Figura 15. Moldes para la elaboración de ladrillo de concreto.....	69
Figura 16. Desmoldeo de ladrillo de concreto .....	70
Figura 17. : Ladrillos de concreto .....	70
Figura 18. Ladrillos de concreto patrón sometidos a la resistencia de compresión. 71	



Figura 19. Ladrillos de concreto con sustitución 10% sometidos a la resistencia de comprensión.....	71
Figura 20. Ladrillos de concreto patrón y experimental sometidos a la resistencia de comprensión.....	72

## I. INTRODUCCIÓN

En el sector construcción a nivel mundial se utiliza agregados naturales, cemento y agua, además de aditivos que son cada día más indispensables en la mezcla de los concretos a elaborar, por ser de importancia para la sostenibilidad de estos materiales y por su alto costo se ha realizado estudios más detallados acerca de las puzolanas que se puede utilizar para sustituir al cemento que genera resistencia del concreto, en este sentido aparecen las cenizas con su comportamiento puzolánico y por los altos índices de generación de residuos agroindustriales que se tiene en los países en aras de desarrollo como el nuestro, esto genera contaminación o costos de transporte para separar este tipo de residuos de los campos de cultivo, en ese sentido se busca formas de reutilizar dichos residuos en la elaboración de ladrillos de concreto para ser utilizados en distintas obras tales como condominios, cercos perimétricos, entre otros, Este tipo de sustitución ya se ha estudiado en diferentes partes del mundo en el cual se debe aplicar para cumplir con las expectativas de la disminución de los agregados naturales y disminuir los costos directos de producción, es por ello que en presente trabajo se efectuó las características de sustitución y su efecto que la sustitución del cemento en 5% y 10% por ceniza de hojas de pino que tiene en las propiedades mecánicas como la resistencia del ladrillo de concreto.

A continuación se realiza el estudio de los antecedentes en donde se describe detalladamente los trabajos que antecedieron a la presente investigación, la fundamentación científica donde se realizó las teorías relacionadas al tema, además de la realidad problemática que se tuvo para abordar la investigación.

Para ello se estudió a varios investigadores en el ámbito internacional tales como los investigadores Lang, Chen, & Pan (2020), en su trabajo de investigación, titulado *Evaluación de las propiedades de ingeniería de ladrillos de lodo sin cocer solidificados por nano-SiO<sub>2</sub> mezclado con cemento, cenizas volantes y cal bajo tecnología de formación por compactación. Materiales de construcción y edificación,*

este Artículo científico lo realizaron investigadores de China, en el cual, su principal objetivo fue evaluar los efectos del contenido de cemento y las propiedades de ingeniería del ladrillo, para ello los investigadores Valente et al. (2007), utilizaron las mismas técnicas de microscopia electrónica de barrido, además de difracción de rayos X, de lo que obtuvieron por resultado que es apropiado realizar una mezcla aglutinante que debe consistir en 15% de cemento, 9% de cenizas volátiles, 1% de cal y otros elementos, los cuales pueden ser sustituidos o reemplazados por el 25% de cemento para la preparación del ladrillo, de lo cual concluyeron que la resistencia se puede aumentar la resistencia a la compresión en 1,37%, 12,94% y 23,30% a los 7, 28 y 60 días respectivamente de analizado la resistencia a la compresión.

En ese sentido según Kulkarni, Golder, & Ghosh (2019), en su trabajo de investigación, titulado *Producción de ladrillos compuestos de arcilla: una solución de valor agregado para los lodos peligrosos mediante una fijación eficaz de metales pesados*, este artículo científico lo realizaron investigadores de la India, ellos tuvieron por objetivo general disminuir el uso de arcilla fértil y para ello utilizar lodos peligrosos como sustituyente de la arcilla, para ello utilizaron el método de análisis espectroscópico de pulverizado, los resultados que presentan los citados investigadores es que al tener en la mezcla elementos como agentes fundantes tales como:  $K_2O$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$  y  $TiO_2$  y con ello se aumenta el rango de temperatura de  $950^{\circ}C$  hasta  $1050^{\circ}C$ , los cuales mostraron una mayor resistencia a la compresión en un valor aproximado de 74 000 kPa, además de mejorar su comportamiento de ductilidad y su absorción da agua de 2,10%. De todo ello concluyeron que se debe realizar sustituciones de la mezcla de arcilla para mejorar la resistencia a la compresión y además mejorar la sostenibilidad del medio ambiente.

Según el autor Carrasco (2019), en su trabajo de investigación titulado, *Resistencia por compresión y módulo de rotura en pavimentos rígidos, incorporando microsílíce y un policarboxilato*, dicho autor tuvo como objetivo general determinar los indicadores de resistencia a la compresión y el módulo de rotura de un pavimento

rígido, en el cual trabajó con una mezcla diseñada con porcentajes de 5,0%, 7,5% y 10,0% de adición de microsílíce, además agrego porcentajes de 0,5%, 1,0% y 2,0% de policarboxilato para el concreto, para ello aplico la metodología de investigación tipo descriptiva, correlacional e hipotético – deductivo con un diseño experimental, en donde la unidad de análisis fue el concreto diseñado, en el cual lo trabajo con 150 probetas de donde determino la resistencia a la compresión y módulo de rotura, de lo cual obtuvo resultados que evidenciaron la correlación de aumento de la resistencia, y por conclusión tuvo que para una adición de un porcentaje de 10,0% microsílíce y un porcentaje de 1,0% de policarboxilato presento una resistencia de 988,25 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo un aumento respecto al patrón de 213,73%.

También Rodríguez (2018), en su trabajo de investigación titulado, *Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado*, el autor tuvo como objetivo general calcular la resistencia a la compresión de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, para ello utilizo diferentes porcentajes de sustitución de la mezcla por concreto reciclado que eran obtenidos de los botaderos y tratados en la cantera Roca Fuerte, la metodología utilizada por dicho autor fue la combinación de agregados para diferentes periodo de tiempo, tales como: 7, 14 y 28 días, esto le direcciono a obtener los resultados que la resistencia en promedio de 163.17kg/cm<sup>2</sup> con 100% de agregado natural, de 141,87kg/cm<sup>2</sup> con una sustitución de 50% y de 129,86kg/cm<sup>2</sup>, en los demás casos se presentaba una situación similar, la resistencia a la compresión del concreto al sustituir con concreto reciclado iba disminuyendo; es por ello que llego a la conclusión de que al sustituir porcentualmente 50%, 75%, la resistencia a la compresión disminuye un porcentaje de 40,94%, 33,09% y 26,23% a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Romero (2018) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia de mortero con cemento sustituido en 5% y 10% por ceniza de hojas de pino (Pinus Radiata), en San Luis Ancash*, el autor se planteó como objetivo general determinar la resistencia a la compresión de un mortero con sustitución de 5 y 10% del cemento por ceniza de

hoja de pino de San Luis, para ello se determinó y comparó la resistencia de un mortero patrón con otro donde se sustituye el cemento por ceniza hojas de pino en San Luis – Ancash, previamente activada a una temperatura de 750°C, en porcentajes de 5% y 10% de los cuales le permitieron obtener resistencia similar al patrón, la metodología empleada es explicativa, experimental en bloques completo al azar, se elaboraron 27 cubos de mortero, nueve para cada tratamiento. Se determinó las resistencias a los 3, 7, y 28 de curado, obtuvo por resultado que la sustitución de ceniza en fracción de 5% y 10% es favorable con respecto a la resistencia a la compresión y llegó a la conclusión que se debe emplear sustituciones de cemento, por ceniza de hoja de pino en valores mayores al 10 %.

Además Abanto (2017), en su trabajo de investigación titulado, *Resistencia mecánica del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de fibras de acero dramix y sika*, el autor tuvo por objetivo general determinar la resistencia mecánica del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al sustituir dos porcentajes por agregado fino, es por ello que realizó tabulaciones con 1% y 1,5% en peso; para este experimento realizó una caracterización y diseño de la muestra patrón, utilizó 105 probetas de concreto elaboradas a partir de cemento portland, para luego realizar el ensayo de resistencia a la compresión axial en los días 7, 14 y 28 respectivamente, de lo cual a los 28 días la resistencia a la compresión con la sustitución de 1,50% de peso de agregado fino fue de 298,22 g/cm<sup>2</sup>, la cual presenta un aumento de 40% respecto al patrón original, por otro lado el módulo de rotura del concreto al adicionar fibras de acero DRAMIX fue de 29,34 kg /cm<sup>2</sup>, el cual fue 67,69% mayor al patrón y al adicionar fibras de acero SIKA fue de 28,56 kg/cm<sup>2</sup>, la cual fue 26,54% respecto al patrón, llegando a la conclusión que aumenta la compresión final aumenta.

Por último según Fuentes, Fragozo, & Vizcaino (2015), en su trabajo de investigación titulado, *Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural*, en dicho trabajo de investigación tuvieron como objetivo general determinar la importancia de sustituir productos agroindustriales en

la elaboración de bloques de concretos, para ello utilizaron materiales de desecho para elaborar bloques de concreto, se analizó también la mezcla a través de los ensayos de granulometría de la mezcla que se reemplazó por un porcentaje de 10% de cascarilla de arroz, 15% ceniza de la cascarilla de arroz y 20% de ceniza volante, los cuales se sustituyeron respectivamente por cemento en la mezcla; como resultado obtuvieron resistencias a la compresión: 585, 743 y 956 kPa, respectivamente para cada una de las sustituciones, además de un tiempo de curado de 7, 28 y 45 días., esto lo compararon con la mezcla patrón que tuvo una resistencia de 802 kPa en promedio, de lo cual llegaron a la conclusión que se debe adicionar un porcentaje de 15% y 28 días de curado para un bloque ecológico.

En este apartado se va a definir las teorías relacionadas al tema, tales como las variables, y además de la realidad problemática por lo que se aborda el trabajo de investigación. Según Portugal (2007), en su libro *Tecnología del concreto de alto desempeño*, afirma que la **tecnología del concreto** es una ciencia que se ha empoderado en la sociedad moderna, es por ello que hoy en día los trabajos de investigación están relacionados principalmente a este tema. La composición principal de estas estructuras es bastante variable en la composición de la mezcla, es por ello que al hablar de una mezcla de agregados, agua y cemento, además de adiciones de minerales y algunos aditivos químicos son parte de un concreto convencional. Al realizar sustituciones y/o adiciones de otros elementos a la mezcla que forman el concreto; esto muchas veces incrementa o disminuye la resistencia a la compresión del concreto, estos mecanismos se realizan con el objetivo de optimizar las principales características del concreto en estudio.

En ese mismo sentido el autor Harmsen (2005), en su libro *Diseño de estructuras de concreto armado*, afirma que **el concreto** es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el

agua reaccionan químicamente uniendo partícula de los agregados, cuando se les añade aditivos, mejoran o modifican propiedades del concreto.

En ese mismo tema según Abanto (2013), afirmo que las **propiedades del concreto** se tienen a la trabajabilidad, la cual es una propiedad del concreto en su estado no endurecido y permite ser manipulado de acuerdo al objetivo que tiene el investigador, todo esto sin esfuerzo excesivo y manteniendo sus propiedades, la consistencia, la cual está definida principalmente por la humedad que presenta la mezcla y también por su grado de fluidez de la misma, entendiéndose con ello que cuando más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación, la durabilidad, en la cual el concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerse perder su capacidad estructural. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio.

Además el mismo autor afirmo que **resistencia del concreto**, está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad y para ello se presentan estados tales como fresco, en este estado el concreto es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas, este estado se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesividad, en el fraguado, es cuando el concreto empieza a ponerse rígido. Cuando ya no está blando, se conoce como fraguado del concreto. El fraguado tiene lugar después de la compactación y durante el acabado y por último se tiene el estado endurecido, el cual forma parte de las propiedades finales del concreto, en donde presenta mayor resistencia y durabilidad.

También según Abanto (2013), afirmo que el **ladrillo de concreto**, debe contener mínimamente una mezcla de cemento Portland, agua y agregados dimensionados correctamente, para obtener un producto que sea de utilidad para la sociedad y que sea de utilidad para la albañilería confinada y armada, además estos elementos deben cumplir las normas vigentes, tales como la NTP 399.601, que indica que de acuerdo a su uso se puede clasificar a los ladrillo de concreto en distintos tipos, como: tipo 24, usados en enchape arquitectónico, el tipo 17, usado con una moderada resistencia resistente al frio y a la humedad, el tipo 14 y tipo 10, para una moderada resistencia a la compresión cuyas dimensiones está establecido en 290\*190\*190 mm<sup>3</sup>.

Además según en la Norma E.070 de albañilería (2006), se afirmó que las **características de los ladrillos** deben ser invulnerables a la intemperie y poseer suficiente resistencia a la compresión y que presente dimensiones establecidas según la obra ya sea de muros, tabiques, suelos y otros, también manifiesta que el ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea que puedan afectar su uso y la principal función a la que se ha destinado el ladrillo de concreto.

También según la NTP 331.017 (2016), realizo una **clasificación de los ladrillos de concreto**, que están divididos de acuerdo al área que representan los orificios y a la resistencia a la compresión que soportan, es por ello que menciono al ladrillo macizo, el cual es una unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano, si presenta menos del 70% es un ladrillo hueco, para la clasificación de acuerdo a la resistencia se puede apreciar su clasificación un número que representa la resistencia a la compresión en Mega pascal (MPa), dentro de los cuales tenemos los de tipo 24, 17, 14 y tipo 10, los cuales deben tener resistencia a la compresión y absorción.



Por otro lado según La Norma Técnica E.070 de Albañilería (2006), establece los **ensayos para determinar las propiedades** de los ladrillos de concreto, es así como menciona la prueba de alabeo y variación de dimensiones, es realiza con el propósito de observar si los bloques presentan dimensiones que varían ligeramente respecto a las dimensiones nominales así mismo, su alabeo es bajo al igual que la dispersión de los resultados correspondientes, la prueba de resistencia a la compresión es realizada con el propósito de las características físicas–mecánicas de esta unidad de albañilería, la prueba de absorción por inmersión total, es pruebas deben realizarse de acuerdo a la NTP 399.613 y 399.604.

Además también se debe tener en cuenta los **componentes del ladrillo de concreto**, según Abanto (2013), es el cemento portland, el cual es según la norma ASTM C-150 (2018), el producto obtenido de la pulverización muy fina del Clinker, el cual está constituido esencialmente de silicato de calcio hidráulico, posteriormente a la calcinación se le adiciona agua y sulfato de calcio, también la mezcla debe contener agregados, los cuales son llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. Constituyen alrededor del 75,00% en volumen, los cuales pueden ser agregados finos aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual debe pasar por el tamiz 9,40 mm (3/8”) y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33 y todo esto debe ser mezclado con otros componentes que le dan consistencia al ladrillo de concreto.

Una característica fundamental de un ladrillo de concreto es la **resistencia a la compresión**, es por ello que según la NTP 339.006 (2006), es la encargada de los elementos de hormigón (concreto) usados en albañilería, ladrillos y bloques, su muestreo y recepción, además según la NTP 339.007 especifica todos los ensayos que se debe realizar a un ladrillo de concreto. Estas normas establecen los métodos de ensayo establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto de cemento portland. En la unidad de albañilería, cuyas

dimensiones nominales son menores de 300 mm (largo), 200 mm (ancho), 200 mm (alto). El cálculo para la resistencia a la compresión está dado por la siguiente expresión:

$$f_b = \frac{P_m}{A_b}$$

Donde:

$f_b$  = Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_m$  = Carga máxima de rotura (kg)

$A_b$  = Área bruta de la unidad de albañilería (cm<sup>2</sup>)

La resistencia a la compresión se ve afectada por muchos factores, ya sean químicos o factores físicos, es por ello que según Portland Cement Association (2004), afirmo que existe una **relación química de las cenizas con los componentes del cemento**, dentro de los cuales menciona a los dos silicatos de calcio (C<sub>3</sub>S y C<sub>2</sub>S), los cuales constituyen 75,00% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado, la resistencia y otras propiedades del cemento hidratado se deben principalmente al silicato de calcio hidratado, éste es el corazón del concreto, además también afirmo que el cemento portland hidratado contiene del 15% hasta 25% de hidróxido de calcio y aproximadamente 50% de silicato de calcio hidratado, en masa.

También según PCA (2004), uno de los principales beneficios de las cenizas es la reacción con el hidróxido de calcio (*CaOH*) en el concreto, es la producción de componentes cementantes adicionales, además también la reacción que se produce producto de la reacción de las cenizas con la cal disponible permite que el concreto con ceniza continúe ganado dureza durante el tiempo, es por ello que Para minimizar este riesgo, es recomendable utilizar cementos con adiciones (cenizas volantes o escorias granuladas) ya que estas adiciones hacen impermeables al concreto y así se pueden evitar este tipo de reacciones.

Para completar el estudio según Bazán (2018), afirmó que el pino es el mejor árbol, en lo que destaca su rápido crecimiento y un material con mayor rendimiento de los recursos naturales, materiales que es obras de arte como muebles, construcción y está a disponibles para la humanidad. Sin embargo, el uso de pino genera otros residuos no utilizados como fibras, tales como la hoja de pino. En algunos países, las significativas cantidades de pino son procesadas, lo que genera un gran volumen de residuos sólidos., Brasil y México, por ejemplo, es el principal productor de pino entre los países de América Latina.

Además según Romero (2018), es un género de plantas vasculares (generalmente árboles y raramente arbustos), comúnmente llamadas pinos, pertenecientes al grupo de las coníferas y, dentro de este, a la familia de las pináceas, que presentan una ramificación frecuentemente verticilada y más o menos regular, Estos desechos se queman a gran cantidad que afecta negativamente al medio ambiente. En la literatura, los estudios sobre las propiedades puzolánicas de desechos de pino como la hoja de pino son escasos. Pocos estudios se han llevado a cabo para estudiar los residuos de hojas de pino como material puzolánico. Se informó de la reacción entre el hidróxido de calcio (CH) y cenizas de hojas de pino, utilizando el diferencial de barrido (DSC) técnica de calorimetría.

La realidad problemática que se Los ladrillos de concreto han sido utilizados desde los albores de la civilización en la construcción, donde han cumplido importantes funciones ya sean decorativas o estructurales. Su surgimiento está ligado al descubrimiento y perfeccionamiento de agentes aglomerantes naturales o artificiales, así surgen los ladrillos de concreto de cemento portland. El desarrollo del ladrillo de concreto se ha visto influenciado por los avances tecnológicos y la aparición de nuevos materiales para la construcción. Los ladrillos de arcilla cocida son algunos de los materiales de construcción más importantes de todos los tiempos. Siendo este

un agente muy contaminante debido a su fabricación. Este es considerado un producto estrella de la construcción que genera un gran impacto medio ambiental, que implica en su elaboración altos niveles de energía y una gran dependencia del petróleo.

Además, actualmente la contaminación ambiental es uno de los problemas más graves de salud pública que se presentan a nivel mundial. Por esto, es de primordial interés crear en las personas un conocimiento y una conciencia para la solución de dicho problema por la contaminación en la producción de ladrillos, en la nuestra ciudad de Huaraz, la gran cantidad de emisión de gases producido para la elaboración de estos ladrillos y a causa de estos factores negativos existe la necesidad de crear productos sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, es por ello la realización de este trabajo de investigación siguiendo recientes propuestas en la elaboración de ladrillos con compuesto de ceniza hojas de pino y sustitución de cemento para su fraguado. Por eso se opta por nuevos materiales alternativos para la realización del diseño de ladrillo de concreto con sustitución porcentual cemento por ceniza de hoja de pino, de tal manera que reduzca los gastos y a la vez contribuir con el desarrollo sostenible en la elaboración e investigación de nuevos métodos para solucionar los diferentes problemas del ladrillo de concreto.

Una característica muy importante de los ladrillos de concreto es su durabilidad, el cual se puede afectar por las condiciones del ambiente, ya que el ambiente es muy variable en diferentes puntos del Perú; viendo todos estos problemas lo que llama la atención; este insumo (ceniza de hoja de pino) no han sido utilizados en la elaboración de ladrillos de concreto ya que como sabemos que el ladrillo es fundamental en la construcción por las funciones estructurales, en la región , se cuenta con muchos materiales variados tales como; ceniza de hoja de pino, no hay investigaciones basadas en el diseño de ladrillo de concretó de cemento con sustituciones parciales de estos insumos; es por estas razones que, en este proyecto de investigación, se pretende difundir la importancia que ejerce el ladrillo en la construcción, con el propósito que se puedan hacer otras investigaciones relaciones a

los diseños de ladrillo de concretó y se puedan mejorar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Enfocándose a nivel local; el ladrillo de concreto no ha tenido un desarrollo en la investigación y aplicación como otros materiales de construcción de similares características, el poco interés y desarrollo de investigaciones del ladrillo, ha hecho que se aplique generalizadamente de una manera empírica, con deficiente control de calidad. En los últimos tiempos las investigaciones relacionadas a los ladrillos de concreto de cemento con sustitución son escasas. Ya que se carece de información respecto a las propiedades de esos nuevos ladrillos de concreto, por lo general se cometen errores al utilizarlos, al no darle la debida importancia en su elaboración y colocación.

De lo anteriormente expuesto y según Hernández, Fernández & Baptista (2014) afirman que la toda investigación debe presentar distintas razones fundamentales que motiven al investigador a efectuar un propósito definido con fuertes motivos que justifiquen la realización del trabajo en estudio y así se comprendido de una forma teoría, epistemológica, práctica y metodológica; estos razones y motivos de justificación deben contribuir a la solución de un problema o a la generación de un conocimiento inédito y a veces completamente nuevo que sea conveniente para la solución de un problema, además debe presentar una amplia relevancia social, es por ello de la importancia de la justificación del trabajo.

Es por ello que se justifica el presente trabajo de investigación se justifica a nivel **científico** el presente trabajo de investigación brindara conocimientos solidos sobre el efecto que tiene sustitución de cemento por cenizas de hoja de pino en la resistencia que presenta un ladrillo de concreto, esto servirá para la comunidad científica y para las empresas que se beneficiaran con la nueva mezcla que contenga ceniza de hojas de pino, este trabajo incidirá directamente en el diseño de una mezcla

con ceniza de hojas de pino y la optimización de los recursos, todo esto se desarrollará a través de la aplicación de las herramientas de la ingeniería civil, esta aplicación será de una forma racional y seguirá rigurosamente el método científico con el único propósito de obtener datos y resultados de calidad que sean válidos y confiables y que sirvan de guía para futuras investigaciones.

A nivel **social** el presente trabajo de investigación mejorará las condiciones de estudio sobre la elaboración de ladrillo con residuos de la comunidad, y con ello ayudará a la sociedad a tener estudios más detallados y así que contribuyan a aumentar la vida útil de un ladrillo de concreto y pretende plantear una tecnología constructiva que es apropiada, que no requiere de gastos de energía, no causa desechos ni contaminación ambiental, es socialmente aceptable, evita tecnologías o equipos de alto costo y es de fácil aprendizaje.

De lo anterior se planteó el siguiente problema ¿Cuál es la influencia de sustituir cemento en 5 y 10% por cenizas de hojas de pino en la resistencia a la compresión  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$  de un ladrillo de concreto?, y para ello se planteó hipótesis la sustitución de cemento en un 5% y 10% por ceniza de hojas de pino mejora la resistencia a la compresión  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$  de un ladrillo de concreto, de lo cual se tuvo el siguiente objetivo general determinar la influencia de sustituir cemento en un 5% y 10% por ceniza de hojas de pino en la resistencia a la compresión  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$  de un ladrillo de concreto, de donde se desprendieron los objetivos específicos, tales como Caracterizar la ceniza de hoja de pino para la sustitución de la mezcla para el ladrillo de concreto, Diseñar la mezcla del ladrillo de concreto patrón y experimental al sustituir el cemento en 5 % y 10% por ceniza de hoja de pino en la mezcla, determinar la resistencia del ladrillo de concreto y experimental al sustituir cemento en 5% y 10% por ceniza de hojas de pino a los 7, 14 y 28 días de vida y Evaluar la influencia de sustituir cemento en 5 % y 10% por ceniza de hoja de pino en la resistencia a la compresión  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  para la elaboración de ladrillos de concretos.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación** lo definió Hernández, Fernández & Baptista (2014), que los datos se cuantifican y se usaron con el propósito de probar la hipótesis de investigación, con datos numéricos que describan un comportamiento, dicho lo anterior el presente trabajo, al ser los datos recolectados **cuantitativos**, fue de tipo de investigación **aplicada**, porque se busca resolver un problema relacionado a las propiedades físicas, químicas y mecánicas del diseño del ladrillo de concreto específicamente su resistencia a la compresión generando una nueva alternativa de diseño con mejores características y donde analizamos la ceniza de hoja de pino, como material que ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto. A su vez la investigación permitió analizar y comparar de manera experimental las características técnicas del ladrillo de concreto elaborado sin sustitución y los ladrillos de concreto con sustitución porcentual del cemento por una combinación de ceniza de hoja de pino.

El **diseño de investigación**, según Carrasco (2013), es una etapa secuencial en donde el investigador interviene directa e indirectamente, en la unidad de análisis, con el fin de obtener respuesta a la interrogante o la inferencia de su hipótesis, es por ello que el presente trabajo de investigación tuvo un diseño experimental. Para el análisis de los resultados se realizó a través de un diseño en bloque completamente al azar, con la comparación de un patrón. Esto se puede apreciar en la tabla 1, en la cual se muestra los días de curado (7, 14 y 28 días), para lo cual se realizó ensayos de rotura del ladrillo de concreto por triplicado, para el ladrillo de concreto patrón y experimental con sustitución del cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino en la mezcla.

Tabla 1 Tabla de DBCA para las resistencias de los ladrillos de concreto

Tiempo de curado	Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino		
	0%	5%	10%
7 días	R11	R12	R13
	R11	R12	R13
	R11	R12	R13
14 días	R21	R22	R23
	R21	R22	R23
	R21	R22	R23
28 días	R31	R32	R33
	R31	R32	R33
	R31	R32	R33

Fuente: Elaboración propia, basada en el método del proyecto

## 2.2. Población, muestra y muestreo

La población Según Hernández, Fernández & Baptista (2014), definieron que, es el macro conjunto de las características del objeto de estudio que se va a analizar, dichos elementos deben ser los que engloban a todas las características similares o comunes. Es por ello que la población del presente trabajo un conjunto de ladrillos fabricados con sustitución de cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino, el cual se realizó en un molde, paso previo para la elaboración de los ladrillos de concreto, consistió en fabricar un molde metálico para prevenir que el ladrillo presente mucha anomalías e irregularidades en su cara de asentado. En el caso del ladrillo de concreto propuesto cumplirá con las dimensiones estipuladas en la Norma Técnica Peruana 399.601 (2006).

La **muestra** según Tamayo & Tamayo (2006), definieron que es el conjunto de elementos seleccionados luego de excluir e incluir las condiciones deseadas para la investigación y además esto debe ser representativo de la población de estudio, es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizó como muestra lo que indica el reglamento NTP 334.051-2006 donde señala que se debe preparar (3) o más



muestras para cada periodo de ensayo, teniendo en cuenta que los periodos de ensayos son a 7, 14, y 28 días de fraguado.

En consecuencia, el tamaño de la muestra fue de 27 unidades de los cuales se dividen en dos grupos de estudio denominados: Grupo control conformado por un diseño de mezcla elaborado de manera convencional y el grupo experimental conformado por un diseño de mezcla como consecuencia de sustituir porcentualmente el cemento por la ceniza de hoja de pino, dicha distribución se tomó de la siguiente manera: 9 ladrillos sin sustitución (grupo control), y 18 ladrillos de concreto experimentales, como se especifica en la tabla 2. Para ello, se realizó un muestreo por conveniencia, para tener representatividad de los ladrillos de concreto en la rotura de la compresión de todos los ladrillos estudiados.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas e instrumentos de investigación que se utilizaron para la recolección de los datos que permitió evaluar el efecto de la sustitución de cemento por 5% y 10% de ceniza de hojas de pino, Tabla 2.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de investigación

Variable	Técnica	Instrumentos	Fuente
Ceniza de hoja de pino	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica Ver Anexo	Bibliotecas físicas y virtuales
	Observación	Fichas de laboratorio	Encargado del laboratorio
Resistencia a la compresión $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ de un ladrillo de concreto	Observación	Formatos de laboratorio	Encargado del laboratorio
	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica Ver anexo	Bibliotecas físicas y virtuales

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

#### **2.4. Procesamiento y análisis de la información**

El procesamiento es la aplicación sistemática de una serie de operaciones sobre un conjunto de datos, para explotar la información que estos datos representan, además el procesamiento de la información “tuvo como fin generar datos agrupados y ordenados que facilitaron al investigador el análisis de la información según los objetivos, hipótesis y preguntas de la investigación construidas. Se utilizó la estadística descriptiva, la recopilación de datos se clasifico, presento, analizo e interpreto sistemáticamente en tablas estadísticas de distribución de frecuencias, además para el presente trabajo de investigación se utilizó el software SPSS v. 25, para el análisis de los datos recolectados en campo y para la comprobación de la hipótesis se utilizó la inferencia estadística es el conjunto de métodos y técnicas que permitieron inducir, a partir de la información empírica proporcionada por una muestra, cual es el comportamiento de una determinada población con un riesgo de error medible en términos de probabilidad.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Caracterización de la ceniza de hoja de pino para la sustitución de la mezcla para el ladrillo de concreto**

Para la caracterización de la ceniza como sustituyente a la mezcla se realizó los ensayos de análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ análisis térmico diferencial de barrido ATD, en el cual se precisó que la curva muestra un pico endotérmico a una temperatura de 100°C aproximadamente, y en el cual se presentó dos picos endotérmicos en 380°C y 800°C aproximadamente, en los cuales se puede presentar alguna modificación estructural o de fase en la muestra de ceniza, también se realizó el ensayo de análisis termogravimétrico TGA, en el cual se pudo percibir una pérdida ligera de masa de la muestra en un intervalo de temperatura que va desde 90°C hasta los 120°C, pronunciándose más la pérdida en el rango de 250°C hasta los 350°C, fuera de este rango de temperatura la pérdida es progresiva y lenta, durante toda la temperatura de trabajo se pierde el 70% de masa de la muestra inicial aproximadamente (Ver Anexo 1).

También se realizó la incineración de las hojas de pino en una cantidad de 0,520kg con lo cual se determinó la ceniza en un tiempo de 4 horas y una temperatura de 750°C en un horno mufla, se tomó el pH de la muestra el cual fue de 11,16, luego se realizó el ensayo de análisis de fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), lo cual se determinó la composición elemental de la muestra de ceniza de hoja de pino, lo cual está representado en % de masa y como la ceniza será aplicada a la mezcla como sustitución del cemento, se determinó el pH del cemento, el cual fue de 12,15, y de la mezcla de cemento más 5% de ceniza fue de 11,96 de pH y para una sustitución de 10% fue de 11,62 (Ver Anexo 1).

### 3.2. Diseño de la mezcla del ladrillo de concreto patrón y experimental al sustituir el cemento en 5 % y 10% por ceniza de hoja de pino en la mezcla

Para el diseño de mezcla se analizó todos los elementos que intervienen en la mezcla para elaborar el ladrillo de concreto, en los cuales se cumplió con los ensayos de calidad de los distintos agregados utilizados y para los demás elementos que complementan la mezcla según la norma ACI, entre los ensayos realizados se tuvo a la granulometría, contenido de humedad, peso específico aparente, absorción, peso unitario suelto y peso unitario compactado, entre otros. Dichos datos se puede apreciar en la tabla 3 (Ver anexo 2)

Tabla 3. Ensayos realizados a los agregados naturales

Tipo de ensayo	Valor reportado	
	Agregado fino	Agregado grueso
Contenido de humedad	8,29%	0,29%
Tamaño máximo nominal	#8	#4
Módulo de fineza	3,2	5,03
Peso específico aparente	2,71	2,86
Absorción	0,67%	0,47%
Peso unitario suelto	1548kg/m <sup>3</sup>	1363kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1584kg/m <sup>3</sup>	1417kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Para la granulometría de los agregados naturales se utilizó la norma ASTM – C33 la cual establece los límites granulométricos superiores e inferiores, para el diseño de la mezcla y sus respectivos ajustes de mezclas por el método A.C.I. Las especificaciones se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos, en el cual se realizó el diseño de mezcla para un concreto patrón de  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$  y luego se realizó el ladrillo de concreto, además se realizó el diseño de mezcla para el ladrillo de concreto patrón  $f_c = 175\text{kg/cm}^2$  y experimental con sustitución de 5% y 10% del cemento por ceniza de hoja de pino. Esto se puede apreciar en la tabla 4 y para más detalles ver Anexo 3.

Tabla 4. Diseño de mezcla del concreto patrón y experimental

Concreto	Relación C/C : A/C : AF/C : AG/C : CHP*/C	Cantidad de cada elemento (9 ladrillos de concreto)				
		Cemento (kg)	Agua (l)	Agregado Fino (kg)	Agregado grueso (kg)	CHP* (kg)
Patrón	1 : 0,36 : 3,86 : 2,28 : -----	7,69	2,76	29,69	17,55	----
Experimental 5%	1 : 0,38 : 4,07 : 2,40 : 0.05	7,30	2,76	29,69	17,55	0,38
Experimental 10%	1 : 0,40 : 4,29 : 2,54 : 0.11	6,92	2,76	26,69	17,55	0,77

(\*) Es la ceniza de hoja de pino

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

### 3.3. Determinación de la resistencia del ladrillo de concreto y experimental al sustituir cemento en 5% y 10% por ceniza de hojas de pino a los 7, 14 y 28 días de vida

Para la determinación de la resistencia de los 9 ladrillos de concreto patrón, los 9 ladrillos de concreto con sustitución del cemento en 5% por ceniza de hoja de pino y por ultimo a los 9 ladrillos de concreto con sustitución del 10% del cemento por ceniza de hoja de pino, para ello se consideró la edad de 7, 14 y 28 días, los ensayos de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos. Esto se puede apreciar en la tabla 5. (Ver Anexo 4).

Tabla 5. Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto patrón y experimental

Tiempo de edad	Sustitución del cemento por ceniza de hoja de pino		
	0%	5%	10%
	134,2 kg/cm <sup>2</sup> (*)	142,5kg/cm <sup>2</sup> (*)	149,8kg/cm <sup>2</sup> (*)
7 días	137,2	143,2	149,0
	136,2	143,5	150,7
	153,1	158,5	162,3
14 días	153,6	159,1	163,5
	154,3	159,9	164,3
	175,1	173,7	174,6
28 días	175,4	173,4	174,4
	175,9	174,4	175,0

(\*) Resistencia a la compresión a las condiciones de sustitución y días de curado

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Luego se calculó el promedio de las resistencias de los ladrillos de concreto a diferentes edades, esto se hizo para ladrillo de concreto patrón  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$  y los ladrillos de concreto experimentales con una sustitución del 5% y 10% de cemento por ceniza de hoja de pino, estas resistencias promedias se observan en la tabla 6.

Tabla 6. Resistencia a la compresión promedio de los ladrillos de concreto patrón y experimental

Tiempo de edad	Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino		
	0%	5%	10%
7 días	135,87 kg/cm <sup>2</sup> (*)	143,07 kg/cm <sup>2</sup> (*)	149,83 kg/cm <sup>2</sup> (*)
14 días	153,67	159,17	163,37
28 días	175,47	173,83	174,67

(\*) Resistencia a la compresión promedio a las condiciones de sustitución y días de curado

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Se realizó una figura que relaciona la resistencia a la compresión promedio de los ladrillos de concreto y el tiempo de curado, para el ladrillo de concreto patrón y experimentales.

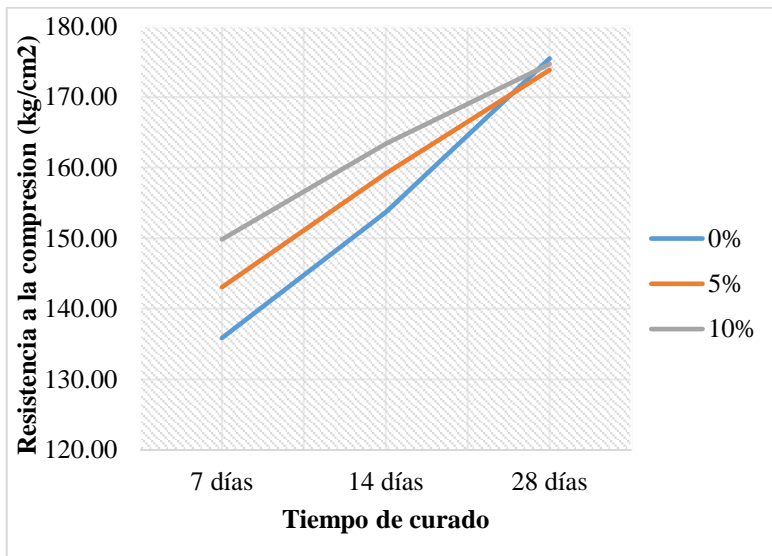


Figura 1. Resistencia a la compresión promedio del ladrillo de concreto respecto al tiempo de curado

En la figura 1, se puede apreciar que la resistencia a la compresión promedio del ladrillo de concreto es mayor cuando se realizó una sustitución del cemento en 10% por ceniza de hoja de pino, la sustitución del 5% es relativamente mayor hasta los 14 días de curado, respecto al ladrillo de concreto patrón y para un tiempo de vida de 28 días se puede apreciar las resistencias promedio del ladrillo de concreto se igualan aproximadamente.

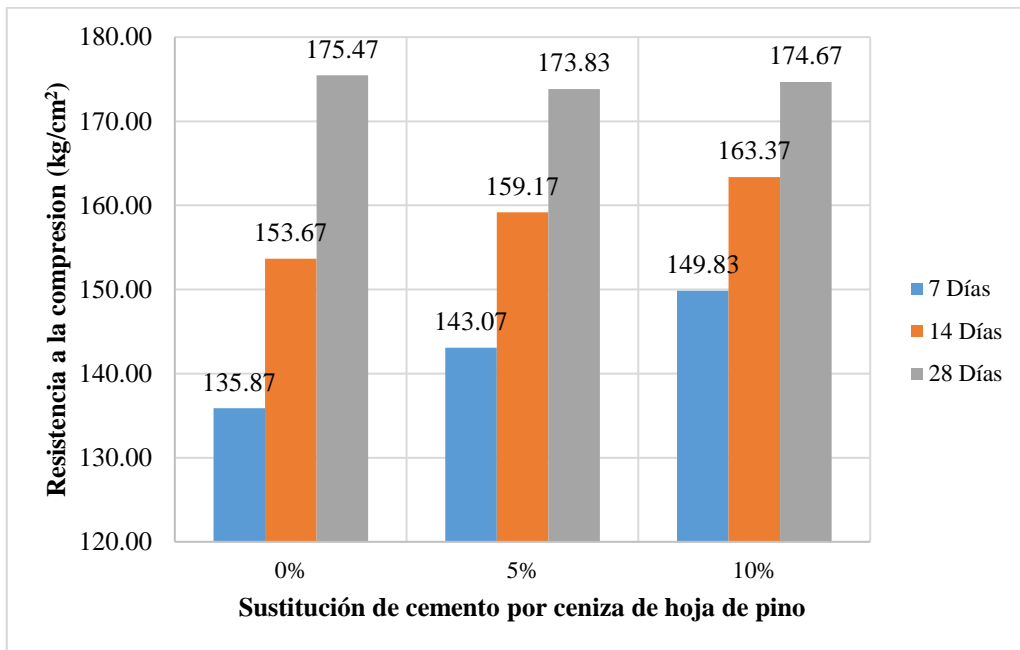


Figura 2. Resistencia a la compresión promedio de los ladrillos de concreto con respecto al porcentaje de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición

En la figura 2, se puede observar la dependencia de la resistencia promedio del ladrillo de concreto patrón y experimentales, con respecto a la sustitución de cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino, en lo que se puede apreciar que el ladrillo patrón tiene aproximadamente igual promedio de resistencia que los ladrillos de concreto experimentales, con un leve aumento de los ladrillos experimentales.

### **3.4. Evaluación de la influencia de sustituir cemento en 5 % y 10% por ceniza de hoja de pino en la resistencia a la compresión $f'c=175\text{kg/cm}^2$ para la elaboración de ladrillos de concretos.**

Para la influencia que tiene sustituir cemento por ceniza de hoja de pino se utilizó el software estadístico SPSS v.25, del cual se realizó un análisis del diseño en bloque completamente al azar (DBCA), para ello se tuvo una Matriz de datos (Ver anexo 5), para ello se realizó un diseño en bloques completamente al azar, como se muestra a continuación:



$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}; i = 1, 2, 3 \text{ y } j = 1, 2, 3.$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental medido con la sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino  $i$ , y el tiempo de curado  $j$ .

$\mu$ : Resistencia a la compresión media del ladrillo de concreto patrón y experimental

$\alpha_i$ : Efecto medio adicional sobre la resistencia a la compresión media del ladrillo de concreto patrón y experimental, debido a la sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino  $i$ .

$\beta_j$ : Efecto medio adicional sobre la resistencia a la compresión media del ladrillo de concreto patrón y experimental, debido a los días de curado  $j$ .

$\varepsilon_{ij}$ : Error aleatorio atribuible a la medición de la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto  $Y_{ij}$ .

La estadística descriptiva se puede observar en el anexo 6, para complementar la información de la prueba de hipótesis a través de la estadística inferencial, para lo cual se realizó la prueba del estadístico de Levene, en el cual se obtuvo una significancia sig. = 0.240 > 0,05, para la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto que se basa en la media, y una significancia sig. = 0,671 > 0,05 para la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto que se basa en la mediana, como se cumplió esta condición no hay motivos para decir que las medias de las resistencias a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental son diferentes, además también prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos. Esto se puede apreciar en la tabla 7.

Tabla 7. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a,b</sup>

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia del ladrillo	Se basa en la media	1,458	8	18	,240
	Se basa en la mediana	,692	8	18	,671

Se basa en la mediana y con gl ajustado	,692	8	5,504	,672
Se basa en la media recortada	2,180	8	18	,261

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto

b. Diseño: Intersección + Tiempo Curado + Sustitución + Tiempo Curado \* Sustitución

Fuente: SPSS v.25

Para ver la significancia estadística del tiempo de curado (días) del ladrillo de concreto se aprecia que la significancia sig. = 0,000 < 0,05, lo que indica que el tiempo de curado afecta significativamente en la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto, además también se aprecia que la significancia del factor de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino en diferentes porcentajes es sig. = 0,000 < 0,05 lo que indica que este factor es significativo para la elaboración de ladrillos de concreto, pues es significativo con la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería. Esto se puede apreciar en la tabla 9.

Tabla 8. Pruebas de efectos inter – sujetos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4970,216	8	621,277	979,246	,000
Intersección	680616,824	1	680616,824	1072776,079	,000
Edad	4531,539	2	2265,769	3571,265	,000
Sustitución	261,532	2	130,766	206,111	,000
Edad * Sustitución	177,146	4	44,286	69,804	,000
Error	11,420	18	,634		
Total	685598,460	27			
Total corregido	4981,636	26			

Fuente: SPSS v.25

En la tabla 9, se realizó la comparación por parejas de los porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino de acuerdo a los investigadores Guzmán et al. (2011), de lo cual se observa que el ladrillo de concreto patrón (0% de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino) tiene significancia estadística sig. = 0,000 con la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto experimental (5% de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino), pues dicho valor es menor a 0,05, en ese mismo sentido la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón comparado con el ladrillo de concreto experimental (10% de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino) presenta significancia

estadística sig. = 0,000, este valor es menor que 0,05, lo cual indica que existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y el experimental al 10 % de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino. Por último, se puede apreciar que entre las resistencias de los ladrillos de concreto experimentales de 5% y 10% de sustitución del cemento por ceniza de hoja de pino, se obtuvo una significancia estadística sig. = 0,000 dicho valor es mayor a 0,05, lo cual indica que existe diferencias significativas entre dichos porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino, respecto a la resistencia de los adoquines.

Tabla 9. Comparación por parejas del porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino

(I) Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino	(J) Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
0%	5%	-3,689*	,375	,000	-4,478	-2,900
	10%	-7,622*	,375	,000	-8,411	-6,833
5%	0%	3,689*	,375	,000	2,900	4,478
	10%	-3,933*	,375	,000	-4,722	-3,144
10%	0%	7,622*	,375	,000	6,833	8,411
	5%	3,933*	,375	,000	3,144	4,722

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Fuente: SPSS v.25

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la actualidad se busca nuevas formas de sustituir el cemento y los agregados naturales con el objetivo de disminuir los costos de producción, mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los distintos elementos elaborados a base de esa nueva mezcla experimental, es por ello que los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación que consistió en la sustitución del cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino, igualo o mejoró la resistencia a la compresión de un ladrillo de concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , lo cual está en concordancia con los investigadores Lang, Chen, & Pan (2020), en su trabajo de investigación, titulado *Evaluación de las propiedades de ingeniería de ladrillos de lodo sin cocer solidificados por nano-SiO<sub>2</sub> mezclado con cemento, cenizas volantes y cal bajo tecnología de formación por compactación. Materiales de construcción y edificación*, obtuvieron por resultado que es apropiado realizar una mezcla aglutinante que debe consistir en 15% de cemento, 9% de cenizas volátiles, 1% de cal y otros elementos, los cuales pueden ser sustituidos o reemplazados por el 25% de cemento para la preparación del ladrillo, de lo cual concluyeron que la resistencia se puede aumentar la resistencia a la compresión en 1,37%, 12,94% y 23,30% a los 7, 28 y 60 días respectivamente de analizado la resistencia a la compresión.

Para la caracterización de la ceniza de hoja de pino que sirvió como sustituyente a la mezcla por el cemento se realizaron los ensayos de análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ análisis térmico diferencial de barrido ATD, en el cual se precisó que la curva muestra un pico endotérmico a una temperatura de 100°C aproximadamente, y en el cual se presentó dos picos endotérmicos en 380°C y 800°C aproximadamente, y el ensayo de análisis termogravimétrico TGA, el intervalo de temperatura que va desde 90°C hasta los 120°C, pronunciándose más la pérdida en el rango de 250°C hasta los 350°C, fuera de este rango de temperatura la pérdida es progresiva y lenta, durante toda la temperatura de trabajo se pierde el 70% de masa de la muestra inicial aproximadamente, además del ensayo de análisis de fluorescencia de rayos – X

dispersiva en energía (FRXDE), lo cual se determinó la composición elemental de la muestra de ceniza de hoja de pino, esta caracterización de la ceniza de hoja de pino coincidió con lo descrito por Romero (2018) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia de mortero con cemento sustituido en 5% y 10% por ceniza de hojas de pino (Pinus Radiata), en San Luis Ancash*.

Para el diseño de mezcla para el ladrillo de concreto patrón y experimental al sustituir el cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino se realizó el cálculo de acuerdo al método A.C.I. para lo cual se tuvo en cuenta las relación para las dosificaciones y la cantidad de cada agregado y cantidad de ceniza necesarios para la mezcla, destacando la relación agua/cemento, agregado fino/cemento, agregado grueso/cemento y ceniza/cemento, la utilización del método A.C.I. coincidió con el investigador Rodríguez (2018), en su trabajo de investigación titulado, *Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado*, donde utilizo diferentes porcentajes de sustitución de la mezcla por concreto reciclado que eran obtenidos de los botaderos y tratados en la cantera Roca Fuerte, llegando a la conclusión de que al sustituir porcentualmente 50%, 75%, la resistencia a la compresión disminuye un porcentaje de 40,94%, 33,09% y 26,23% a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Para la determinación de la resistencia del ladrillo de concreto patrón y experimental al sustituir cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino en la mezcla, evaluado a los 7, 14 y 28 días de curado, de lo cual se obtuvo una máxima resistencia a la compresión promedio de  $175,47 \text{ kg/cm}^2$ ,  $173,83 \text{ kg/cm}^2$  y  $174,67 \text{ kg/cm}^2$  estas resistencias promedios fueron medidas a los 28 días de curado y para el patrón, experimental con sustitución de 5% y 10% de cemento por ceniza de hoja de pino respectivamente, para ello se coincidió con el autor Abanto (2017), en su trabajo de investigación titulado, *Resistencia mecánica del concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de fibras de acero dramix y sika*, realizo el ensayo de resistencia a la compresión axial en los días 7, 14 y 28 respectivamente, de lo

cual a los 28 días la resistencia a la compresión con la sustitución de 1,50% de peso de agregado fino fue de 298,22 g/cm<sup>2</sup>, la cual presenta un aumento de 40% respecto al patrón original, por otro lado el módulo de rotura del concreto al adicionar fibras de acero DRAMIX fue de 29,34 kg /cm<sup>2</sup>, el cual fue 67,69% mayor al patrón y al adicionar fibras de acero SIKA fue de 28,56 kg/cm<sup>2</sup>, la cual fue 26,54% respecto al patrón, llegando a la conclusión que aumenta la compresión final aumenta.

Para la evaluación del efecto de sustituir cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino en la resistencia a la compresión de un ladrillo de concreto  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$  se vio reflejada en un 99,33% para la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto experimental con una sustitución de cemento en 5% por ceniza de hoja de pino y un 99,81% para la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto experimental con una sustitución de cemento en 10% por ceniza de hoja de pino, estos valores fueron respecto al concreto patrón de  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ , lo cual no coincidió con el investigador Romero (2018) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia de mortero con cemento sustituido en 5% y 10% por ceniza de hojas de pino (Pinus Radiata), en San Luis Ancash*.

Sustitución del cemento por cemento por ceniza de hoja de pino en la resistencia a la compresión de un ladrillo de concreto, se tuvo que la sig. = 0,000 < 0,05, lo cual se debe tener en cuenta para el diseño de la mezcla para la elaboración del ladrillo de concreto, lo cual coincide con los investigadores Lang, Chen, & Pan (2020), en su trabajo de investigación, titulado *Evaluación de las propiedades de ingeniería de ladrillos de lodo sin cocer solidificados por nano-SiO<sub>2</sub> mezclado con cemento, cenizas volantes y cal bajo tecnología de formación por compactación. Materiales de construcción y edificación*.

## V. CONCLUSIONES

La caracterización de los componentes que intervinieron en la dosificación de la mezcla es de vital importancia pues tienen incidencia directa en las propiedades físicas y propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto elaborados, lo cual ha sido validado en el laboratorio correspondiente, además fue de acuerdo a las normas NTP y ASTM, para la utilización en la mezcla para la elaboración del ladrillo de concreto.

El diseño de mezcla consistió en la calcular los componentes necesarios para la elaboración del ladrillo de concreto patrón y experimental, el cual tuvo una sustitución de cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino, para ello se tuvo para el patrón una relación de agua/cemento de 0,36, agregado fino/cemento de 3,86 y agregado grueso/cemento de 2,28, para el ladrillo de concreto experimental con sustitución de cemento en 5% por ceniza de hoja de pino fue agua/cemento de 0,38, agregado fino/cemento de 4,07, agregado grueso/cemento de 2,40 y ceniza/cemento de 0,05 y para el ladrillo de concreto experimental con sustitución de cemento en 10% por ceniza de hoja de pino fue agua/cemento de 0,40, agregado fino/cemento de 4,29, agregado grueso/cemento de 2,54 y ceniza/cemento de 0,11.

La determinación de la resistencia del ladrillo de concreto patrón fue  $175,47\text{kg/cm}^2$ , en promedio, para una sustitución de 5% y 10% de cemento por ceniza de hoja de pino fue de  $173,83\text{kg/cm}^2$  y  $174,67\text{kg/cm}^2$ , respectivamente, esto se dio a los 28 días de curado de los ladrillos de concreto.

El efecto que se da al sustituir cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de pino es que disminuye la resistencia del ladrillo de concreto, la cual se vio reflejada en un porcentaje de 99,33% para la sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino en 5% y de 99,81% para una sustitución de 10% de cemento por ceniza de hoja de pino y para ello se realizó un diseño en bloque completamente al azar (DBCA), la significancia que tiene la sustitución del cemento por ceniza de hoja de pino es  $\text{sig.} = 0,000 < 0,05$ , lo cual indica que se debe considerar para su diseño de mezcla.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Aplicar este tipo de sustitución de cenizas como puzolanas por ser la variación de la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón muy baja respecto a los diseños, es por ello este tipo de mezclas debe ser usado para la elaboración de otro tipo de elementos estructurales, con lo cual las empresas que se dedican a la fabricación de dichos elementos disminuirían costos directos de materia prima y presentarían sostenibilidad de los recursos naturales tales como los agregados y el cemento.

Ensayar diferentes tipos de mezclas para tener mayor certeza de las resistencias a la compresión, así como realizar la elaboración de otros elementos no estructurales, además de hacer variar la relación ceniza de hoja de pino/cemento para realizar un modelamiento entre la sustitución y el cemento de una mezcla para la construcción de elementos.

Realizar otros ensayos de trabajabilidad o propiedades físicas, además de realizar una evaluación de costos para complementar las propiedades mecánicas del adoquín, además de concientizar a los constructores que utilicen ladrillos de concreto a partir de la inclusión en su mezcla de diferentes puzolanas y otros agregados.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, F. (2013). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L.

Abanto, O. (2017). *Resistencia mecánica del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de fibras de acero dramix y sika*. (Tesis de pregrado), Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13479>

American Society of Testing Materials (2010) *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock by Mass: ASTM D2216*

ASTM C 150 (2018) *Standard specification for Portland cement. Annual book of ASTM standards*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1520/c0150>

Bazan, J. (2018) *Efecto de sustitución de 15% y 20% del cemento por ceniza de hoja de pino "Pinus Radiata" en la resistencia de un concreto  $F'c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$* . (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú. Recuperado de [http://repositorio.usanpedro.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7995/Tesis\\_59361.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7995/Tesis_59361.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Carrasco, S. (2013). *Metodología de la investigación científica* (6ª edición). Lima: San Marcos.

Carrasco, R. (2019). *Resistencia por compresión y módulo de rotura en pavimentos rígidos, incorporando microsílíce y un policarboxilato*. (Tesis de Maestría), Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2452>

EL PERUANO. (2006) *Reglamento Nacional de Edificaciones E-070 de Albañilería*. Recuperado de: <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>

Fuentes, N., Fragozo, O., & Vizcaino, L. (2015). *Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural*. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 99-116. (Artículo científico), Ciencia e ingeniería Neogranadina, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/911/91142868006.pdf>

Guzmán et al. (2011). *Valoración puzolánica de la hoja de la caña de azúcar*. (Artículo científico) *Materiales de construcción*, 61, 213-225.

Harmsen, T. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Fondo editorial PUCP. Recuperado de <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disenode-estructuras-de-concreto-harmsen.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial: McGraw Hill Education, México, sexta edición compressed.

INACAL. NTP 399.601. *Unidades de Albañilería*. Ladrillos de concreto. Requisitos. Lima, Perú.

INACAL. Norma Técnica Peruana 399.613: (2017) *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Recuperado de [https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=4187](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4187)

INACAL. Norma Técnica Peruana 399.604(2015) *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de Muestreo y ensayo de unidades de albañilerías de concreto*. Recuperado de [https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=4187](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4187) INACAL.

- INACAL. Norma Técnica Peruana 339.006(2006) *Bloques de concreto*
- INACAL. Norma Técnica Peruana 339.007 (2006) *Ensayos para ladrillo de concreto*
- INACAL. Norma Técnica Peruana las Normas NTP 400.037(2018). *Agregados para la elaboración de concreto*
- NTP 331.017. (2016). *Norma Técnica Peruana 331.017. Ladrillos de arcilla usados en albañilería.*
- Kulkarni, V., Golder, A., & Ghosh, P. (2019). *Production of composite clay bricks: A value-added solution to hazardous sludge through effective heavy metal fixation. Construction and Building Materials, 201, 391–400.* doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.12.187
- Lang, L., Chen, B., & Pan, Y. (2020). *Engineering properties evaluation of unfired sludge bricks solidified by cement-fly ash-lime admixed nano-SiO<sub>2</sub> under compaction forming technology. Construction and Building Materials, 259, 119879.* doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.119879.
- Portland Cement Association, PCA. (2004). *Diseño y Control de Mezcla de Concreto.* EE.UU. Illinois.
- Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño.*
- Rodríguez, G. (2018). *Resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado.* (Tesis de pregrado), Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13841>

Romero, J. (2018). *Resistencia de mortero con cemento sustituido en 5% y 10% por ceniza de hojas de pino (Pinus Radiata), San Luis Ancash*. (Tesis de pregrado), Universidad San Pedro, Huaraz, Perú. Recuperado de [http://200.48.38.121/bitstream/handle/USANPEDRO/8011/Tesis\\_58992.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://200.48.38.121/bitstream/handle/USANPEDRO/8011/Tesis_58992.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tamayo y Tamayo, M. (2006). *Técnicas de Investigación*. (2ª Edición). México: Editorial Mc Graw Hill.

Valente et al. (2007). Differences in rust in hearing aid batteries across four manufacturers, four battery sizes, and five durations of exposure. (Artículo científico) *Journal of the American Academy of Audiology*, 18(10), 846-862.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el trascurso de mi vida, brindarme paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental que siempre me brindaron su apoyo incondicional durante mi formación profesional, a mis hermanos por su paciencia. Pese a las adversidades y inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a mi asesor quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. Por sus consejos, enseñanzas y apoyo.

## **ANEXOS Y APÉNDICE**

Anexo 1. Ensayos para caracterizar a la ceniza de hoja de pino



Trujillo, 06 de agosto del 2020

**INFORME N° 25 - AGO-20**

**Solicitante:** Liz Marlene Obregón Paredes- Universidad San Pedro - Huaraz

**RUC/DNI:** .....

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** hoja de pino (1g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	HP-25A	20.9 mg	.....

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 15 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 20.9 mg.

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

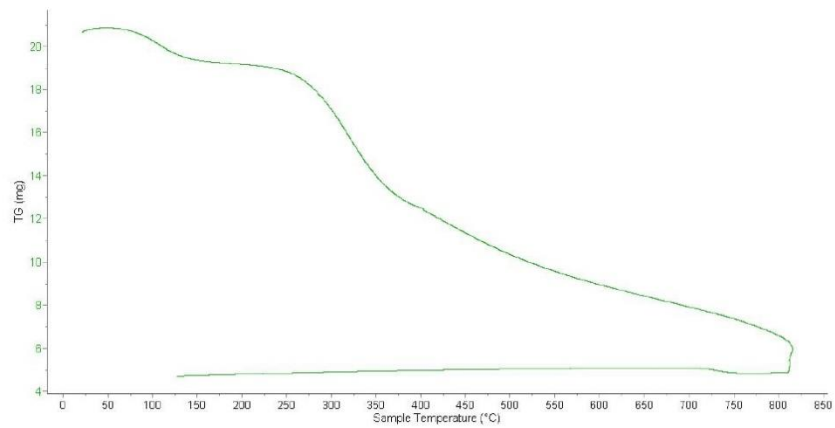


Trujillo, 06 de agosto del 2020

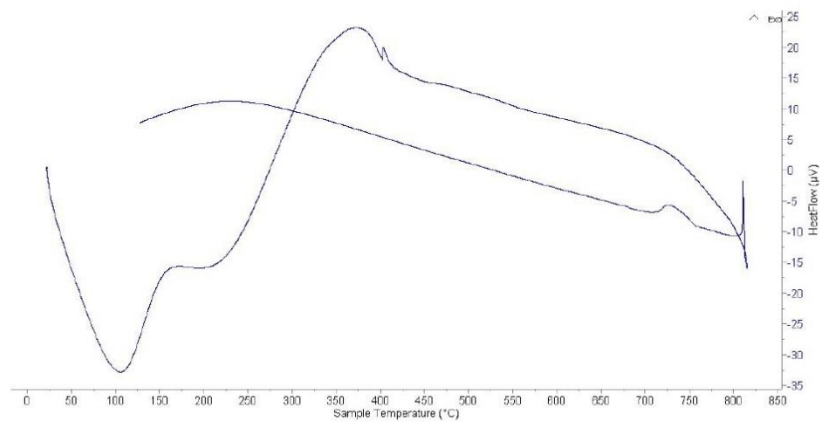
INFORME N° 25 - AGO-20

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 06 de agosto del 2020

**INFORME N° 25 - AGO-20**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe una pérdida ligera de masa desde 90 hasta 120°C posteriormente se percibe una pérdida más intensa entre 250 y 350°C, posteriormente la pérdida es progresiva y lenta. En todo el rango de temperatura analizado pierde un aproximado del 70 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico endotérmico a aproximadamente 100°C, un pico exotérmico a aproximadamente 380°C y otro pico endotérmico a aproximadamente a 800° lo que podría representar alguna modificación estructural o de fase en el material.

Trujillo, 06 de agosto del 2020



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°40-LAQ/2020**

**Análisis de una muestra de ceniza de hojas de pino por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de una muestra de ceniza de hojas de pino a pedido del Srta. Bach. Obregon Paredes, Liz, alumna de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Influencia en la resistencia a la compresión  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5% y 10% por cenizas de hoja de pino.”**

La muestra procede de la localidad de Canchabamba, San Luis, Ancash, y está en forma de grano fino de color gris.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 5 cm y distancia de muestra a detector de 1.5 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 5300 cts/s.

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



## UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

### FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

#### Laboratorio de Arqueometría

---

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

#### **Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de la muestra de ceniza de hojas de pino. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra de arcilla. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

100%. Debe recalcar que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de hojas de pino en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.951	18.685
SiO <sub>2</sub>	35.968	36.437
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8.874	9.236
SO <sub>2</sub>	3.756	3.910
ClO <sub>2</sub>	0.175	0.182
K <sub>2</sub> O	6.479	6.743
CaO	18.133	18.874
TiO <sub>2</sub>	0.312	0.325
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.018	0.019
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.004
MnO	1.281	1.334
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.832	2.948
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	0.003
CuO	0.017	0.018
ZnO	0.070	0.073
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	0.005
Rb <sub>2</sub> O	0.008	0.008
SrO	0.053	0.055
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	0.002
ZrO <sub>2</sub>	0.020	0.021
BaO	0.061	0.063
Totales	96.075	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y Mg, que esta técnica no puede detectar, o diferentes que óxidos y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.

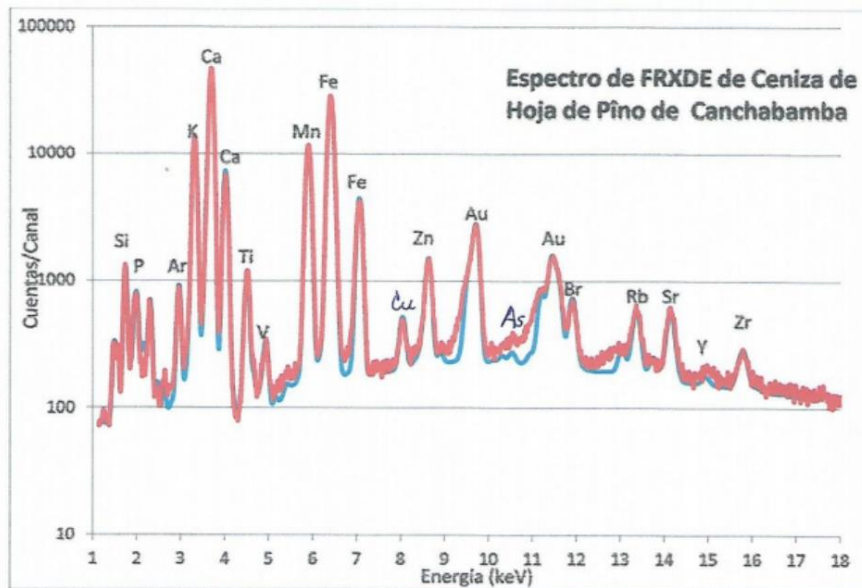


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de hojas de pino en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 10 de agosto del 2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DE INSENERACIÓN (CENIZA) DE HOJAS DE PINO**

**TITULO DE TESIS:** “Influencia en la resistencia a la compresión  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5 % y 10 % por cenizas de hoja de pino.

**TESISTA** : Obregon Paredes Liz -tesista

**MUESTRA** : Hojas de pino

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 04-03-20

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 04- 03-20

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 06-03-20

Muestra	Cantidad Kg.
Ceniza de Hojas de pino	0.520

**ENSAYOS**

1.- Determinación de Ceniza

**OBSERVACIONES:**

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

**CONCLUSIONES**

- Se ha obtenido ceniza propiamente dicha en el Horno Mufla a una temperatura de 750 °C por 4 horas en promedio.

Huaraz, 07 de Marzo del 2020.





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TITULO DE TESIS:** “Influencia en la resistencia a la compresión  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5 % y 10% por cenizas de hoja de pino”.

**TESISTA** : Obregon Paredes Liz -tesista

**MUESTRA** : Ceniza de Hojas de pino

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 04-03-20

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 07- 03-20

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 07-03-20

Muestra	pH
Ceniza de Hojas de pino	11.16

#### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

#### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 07 de Marzo del 2020.

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH**

**TITULO DE TESIS:** “Influencia en la resistencia a la compresión  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5 % y 10 % por cenizas de hoja de pino”.

**TESISTA** : Obregon Paredes Liz -tesista

**MUESTRA** : Cemento

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 04-03-20

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 07-03-20

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 07-03-20

Muestra	pH
Cemento	12.15

**ENSAYOS**

1.- Determinación de pH

**OBSERVACIONES:**

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

**CONCLUSIONES**

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 07 de Marzo del 2020.

  
M.Sc. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TÍTULO DE TESIS:** “Influencia en la resistencia a la compresión  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5 % y 10 % por cenizas de hoja de pino.”

**TESISTA** : Obregon Paredes Liz -tesista

**MUESTRA** : Cemento + 10 % Ceniza de Hojas de pino

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 04-03-20

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 07- 03-20

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 07-03-20

Muestra	pH
Cemento + 10 % Ceniza de Hojas de pino	11.62

### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 07 de Marzo del 2020.







## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TITULO DE TESIS:** "Influencia en la resistencia a la compresión  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5 % y 10 % por cenizas de hoja de pino."

**TESISTA** : Obregon Paredes Liz -tesista

**MUESTRA** : Cemento + 5 % Ceniza de Hojas de pino

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 04-03-20

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 07- 03-20

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 07-03-20

Muestra	pH
Cemento + 5 % Ceniza de Hojas de pino	11.96

### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 07 de Marzo del 2020.



## Anexo 2. Ensayo de los agregados naturales



### ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

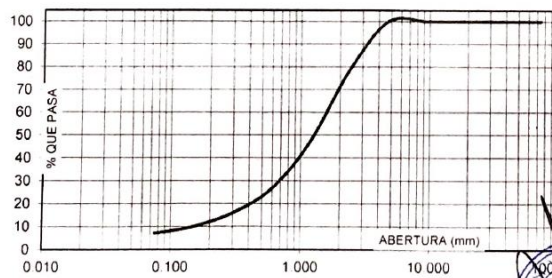
SOLICITA : **Bach. OBREGON PAREDES, Liz Marlene.**  
 TESIS : "Influencia en la Resistencia a la Compresion  $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$  de Ladrillos de Concreto, Sustituyendo el Cemento en 5% y 10% por Cenizas de Hoja de Pino"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 29/07/2020 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1252
PESO SECO LAVADO	1163.50
PESO PERDIDO POR LAVADO	88.50

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	273.50	21.85	21.85	78.15
N° 16	1.180	390.50	31.19	53.04	46.96
N° 30	0.600	255.50	20.41	73.44	26.56
N° 50	0.300	133.50	10.66	84.11	15.89
N° 100	0.150	73.50	5.87	89.98	10.02
N° 200	0.075	37.00	2.96	92.93	7.07
PLATO		88.50	7.07	100.00	0.00
TOTAL		1252.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n°8  
 MODULO DE FINEZA : 3.2  
 HUMEDAD : 3.50%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
 Y ENSAYOS DE MATERIALES  
  
**Ing. Jesús Ernesto Setejo Montes**  
 CIP: 70751  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
 OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telefono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : **Bach. OBREGON PAREDES, Liz Marlene.**  
 TESIS : "Influencia en la Resistencia a la Compresion  $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$  de Ladrillos de Concreto, Sustituyendo el Cemento en 5% y 10% por Cenizas de Hoja de Pino"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : TACLLAN  
 MATERIAL : AGREGADO FINO  
 FECHA : 29/07/2020

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de frasco+ agua  
 C = A + B : Peso frasco + agua +material  
 D : Peso de material+agua en el frasco  
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio  
 F : Peso Material seco en horno  
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

300.0		
678.5		
978.5		
866.7		
111.8		
298.0		
109.8		
0.67		
0.67		

ABSORCION (%) :  $((A-F/F) \times 100)$   
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E  
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

**PROMEDIO**

2.67		
2.68		
2.71		

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2.67
2.68
2.71

UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 UNIDAD DE TRUJINOS DE SULLO  
 Y LUNAYO DE HUAYAS  
 Ing. Jesus Ernesto Sotelo Montes  
 CIP: 70751  
 JEFE

**PESOS UNITARIOS**

SOLICITA : **Bach. OBREGON PAREDES, Liz Marlene.**  
 TESIS : "Influencia en la Resistencia a la Compresion  $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$  de Ladrillos de Concreto, Sustituyendo el Cemento en 5% y 10% por Cenizas de Hoja de Pino"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : TACLLAN  
 MATERIAL : AGREGADO FINO  
 FECHA : 29/07/2020

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7710	7705	7740
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4290	4285	4320
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1545	1544	1556
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1548 Kg/m<sup>3</sup></b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7810	7805	7840
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4390	4385	4420
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1581	1580	1592
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1584 Kg/m<sup>3</sup></b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUALYBAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
**Ing. José Ernesto Zoleto Montes**  
 CIP: 70761  
 JEFE

**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

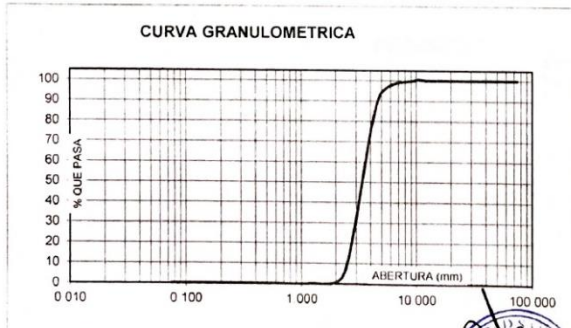
SOLICITA : **Bach. OBREGON PAREDES, Liz Marlene.**  
 TESIS : "Influencia en la Resistencia a la Compresion  $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$  de Ladrillos de Concreto, Sustituyendo el Cemento en 5% y 10% por Cenizas de Hoja de Pino"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 29/07/2020 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO CONFITILLO

PESO SECO INICIAL	875.2
PESO SECO LAVADO	875.20
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75 000				
2 1/2"	63 000				
2"	50 000				
1 1/2"	38 100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25 000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19 000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12 500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9 500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	74.20	8.48	8.48	91.52
N° 8	2.360	753.70	86.12	94.60	5.40
N° 16	1.180	46.00	5.26	99.85	0.15
N° 30	0.600	1.30	0.15	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		875.20	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL N° 4  
 MODULO DE FINEZA 5.03  
 HUMEDAD 0.29%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 ESCUELA DE INGENIEROS EN GEODESIA Y ENAGUO DE MAQUINAS  
  
**Ing. Jesus Ernesto Soledad Montes**  
 CIP: 70751  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : **Bach. OBREGON PAREDES, Liz Marlene.**  
 TESIS : "Influencia en la Resistencia a la Compresion  $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$  de Ladrillos de Concreto, Sustituyendo el Cemento en 5% y 10% por Cenizas de Hoja de Pino"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : TACLLAN  
 MATERIAL : **AGREGADO CONFITILLO**  
 FECHA : **29/07/2020**

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de frasco+ agua  
 C = A + B : Peso frasco + agua +material  
 D : Peso de material+agua en el frasco  
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio  
 F : Peso Material seco en horno  
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

300.0		
679.0		
979.0		
873.3		
105.7		
298.6		
104.3		
0.47		
0.47		

ABSORCION (%) :  $((A-F/F) \times 100)$   
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E  
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

**PROMEDIO**

2.82		
2.84		
2.86		

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2.82		
2.84		
2.86		

  
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LAB. DE MECANICA DE SUELOS  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Jesus Ernesto Sotelo Montes  
 CIP: 70751  
 JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. OBREGON PAREDES, Liz Marlene.

**TESIS :** "Influencia en la Resistencia a la Compresion  $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$  de Ladrillos de Concreto. Sustituyendo el Cemento en 5% y 10% por Cenizas de Hoja de Pino"

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** TACLLAN

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO CONFITILLO

**FECHA :** 29/07/2020

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7200	7200	7210
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3780	3780	3790
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1362	1362	1365
<b>Peso unitario prom.</b>	1363 Kg/m <sup>3</sup>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7350	7350	7360
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3930	3930	3940
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1416	1416	1419
<b>Peso unitario prom.</b>	1417 Kg/m <sup>3</sup>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO FILIAL HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
 Y ENSAYOS DE MATERIALES

*Jesús Erico Sotelo Montes*  
 Ing. Jesús Erico Sotelo Montes  
 CIP: 70751  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
**CAMPUS UNIVERSITARIA:** Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
**OFICINA DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
<b>TESIS</b> : "Influencia en la Resistencia a la Compresion $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$ de Ladrillos de Concreto, Sustituyendo el Cemento en 5% y 10% por Cenizas de Hoja de Pino"					
<b>SOLICITA</b> : <b>Bach. OBREGON PAREDES, Liz Marlene.</b>					
<b>DISTRITO</b> : HUARAZ			<b>HECHO EN</b> : USP -HUARAZ		
<b>PROVINCIA</b> : HUARAZ			<b>FECHA</b> 29/07/2020		
<b>PROG. (KM.)</b> :			<b>ASESOR</b>		
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>CALICATA</b> :					
<b>MUESTRA</b> : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO					
<b>PROF. (m)</b> :					
AGREGADO FINO					
Nº TARRO		16	27		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	785 0	757 0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	737 0	712 0		
PESO DE AGUA	(g)	48 00	45 00		
PESO DEL TARRO	(g)	162 00	165 6		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	575 00	546 4		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	8.35	8.2		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			8.29	
AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		48	4		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	832 0	977 0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	830 0	974 8		
PESO DE AGUA	(g)	2 00	2 20		
PESO DEL TARRO	(g)	169 00	163 8		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	661 00	811 0		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.30	0.3		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			0.29	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LAB. DE MECANICA DE SUELOS  
 Y ENSAYOS DE MATERIALES

*Ing. Josue Ernesto Sotelo Montes*  
 CIP: 70751  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
**CAMPUS UNIVERSITARIA:** Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacífico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
**OFICINA DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono : 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



### Anexo 3. Diseño de mezcla para el ladrillo de concreto patrón y experimental

#### DISEÑO DE MEZCLA

(MÉTODO A.C.I.)

**SOLICITA** : BACH. LIZ MARLENE OBREGON PAREDES  
**TESIS** : INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION  $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$  DE LADRILLO DE CONCRETO, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 5 Y 10 % POR CENIZAS DE HOJA DE PINO.  
**LUGAR** : INDEPENDENCIA - HUARAZ - ANCASH  
**FECHA** : 26/07/2020

**1.- Especificaciones**

$F'c$  : 175  $\text{kg/cm}^2$

**2.- Materiales**

**a.- Cemento Portland**

Tipo : 1  
 P. Especifico : 3.15

**b.- Agua**

Tipo : Potable  
 P. Especifico : 1

**c.- Agregado Fino**

P. Especifico de la masa : 2.69  
 Peso Unitario Seco Suelto : 1548.0  $\text{kg/m}^3$   
 Peso Unitario Seco Compactado : 1584.0  $\text{kg/m}^3$   
 Contenido de humedad : 8.29 %  
 Absorción : 0.67 %  
 Módulo de fineza : 3.20

**c.- Agregado Grueso**

Tamaño máximo nominal : #4  
 P. Especifico de la masa : 2.84  
 Peso Unitario Seco Suelto : 1363.0  $\text{kg/m}^3$   
 Peso Unitario Seco Compactado : 1417.0  $\text{kg/m}^3$   
 Contenido de humedad : 0.29 %  
 Absorción : 0.47 %  
 Módulo de fineza : 5.03

**3.- Determinación de Resistencia Promedio** : 175  $\text{kg/cm}^2$

**4.- Tamaño Máximo Nominal** : 1/2"

**5.- Selección del Asentamiento** : 1" a 2"

**6.- Volumen Unitario de Agua** : 199  $\text{lt/m}^3$

**7.- Contenido de Aire** : 2.5 %

**8.- Relación Agua - Cemento a/c** : 0.627

**9.- Factor Cemento** : 317.38  $\text{kg/m}^3$  : 7.47  $\text{bls/m}^3$

**10.- Contenido del Agregado Grueso** : 722.67  $\text{kg/m}^3$

**11.- Volúmenes Absolutos**



Cemento	:	0.101
Agua	:	0.199
Aire	:	0.025
Agregado Grueso	:	<u>0.254</u>
		0.579

**12.-Contenido de Agregado Fino**

Vol. Absoluto. De Agregado Fino	:	0.421
Peso del Agregado Fino	:	1131.9 kg/m <sup>3</sup>

**13.- Valores de Diseño**

Cemento	:	317.4 kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	199.0 lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	:	1131.9 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	:	722.7 kg/m <sup>3</sup>

**14.- Corrección por Humedad**

Agregado Fino	:	1225.74 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	:	724.77 kg/m <sup>3</sup>

**\* humedad superficial del agregado**

Agregado Fino	:	7.62 %
Agregado Grueso	:	-0.18 %

**\* Aporte de humedad de los agregados**

Agregado Fino	:	86.25
Agregado Grueso	:	-1.30
		84.95

**\* Agua efectiva**

: 114.05 lt/m<sup>3</sup>

**15.- Valores de Diseño Corregidos**

Cemento	:	317.38 kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	114.05 lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	:	1225.74 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	:	724.77 kg/m <sup>3</sup>

**16.- Proporción en Peso**

1      3.86    2.28    ;      15.27 lt/saco



Anexo 4. Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS

SOLICITA : Bach. Obregon Paredes Liz Marlene.

TESIS : " Influencia en la resistencia a la compresion  $f_c=175 \text{ Kg/Cm}^2$  de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5% y 10% por cenizas de hoja de pino."

FECHA:04/08/2020

DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

$f_c$  : 175 kg/cm<sup>2</sup>

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/ $f_c$
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	LADRILLO PATRON	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	134.2	76.7
2	LADRILLO PATRON	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	137.2	78.4
3	LADRILLO PATRON	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	136.2	77.8
4	LADRILLO PATRON	-	-	6/07/2020	20/07/2020	14	153.1	87.5
5	LADRILLO PATRON	-	-	6/07/2020	20/07/2020	14	153.6	87.8
6	LADRILLO PATRON			6/07/2020	20/07/2020	14	154.3	88.2
7	LADRILLO PATRON			6/07/2020	3/08/2020	28	175.1	100.1
8	LADRILLO PATRON			6/07/2020	3/08/2020	28	175.4	100.2
9	LADRILLO PATRON			6/07/2020	3/08/2020	28	175.9	100.5

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

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



RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacífico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
 OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espínar - Teléfono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS**

SOLICITA : Bach. Obregon Paredes Liz Marlene.

TESIS : " Influencia en la Resistencia a la Compresion  $F_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  de ladrillo de concreto, sustituyendo el cemento en 5 y 10 % por cenizas de hoja de pino.

FECHA:04/08/2020

DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

F'c : 175 kg/cm2

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'c
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	142.5	81.4
2	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	143.2	81.8
3	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	143.5	82.0
4	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	20/07/2020	14	158.5	90.5
5	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	20/07/2020	14	159.1	90.9
6	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO			6/07/2020	20/07/2020	14	159.9	91.4
7	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO			6/07/2020	3/08/2020	28	173.7	99.2
8	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO			6/07/2020	3/08/2020	28	173.4	99.1
9	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 5% CON CENIZA PINO			6/07/2020	3/08/2020	28	174.4	99.7

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAB. DE MECANICA DE SUELOS  
Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Jesus Ernesto Sotelo Montes  
CIP: 70751  
JEFE

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS**

SOLICITA : Bach. Obregon Paredes Liz Marlene.

TESIS : Influencia en la resistencia a la compresion  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  de ladrillo de concreto, sustuyendo el cemento en 5 y 10 % por cenizas de hoja de pino.

FECHA:04/08/2020

DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

F' C : 175 kg/cm<sup>2</sup>

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	149.8	85.6
2	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	149.0	85.2
3	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	13/07/2020	7	150.7	86.1
4	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	20/07/2020	14	162.3	92.8
5	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO	-	-	6/07/2020	20/07/2020	14	163.5	93.4
6	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO			6/07/2020	20/07/2020	14	164.3	93.9
7	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO			6/07/2020	3/08/2020	28	174.6	99.8
8	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO			6/07/2020	3/08/2020	28	174.4	99.7
9	LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUCION 10% CON CENIZA PINO			6/07/2020	3/08/2020	28	175.0	100.0

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
FEL DE MECANICA DE SUELOS  
Y TRABAJO DE MATERIALES  
Ing. Jesús Ernesto Sotelo Montes  
CIP: 70761  
JEFE

Anexo 5. Matriz para las resistencias a la compresión de los ladrillos de concreto patrón y experimental

Tabla 10. Resistencia a la compresión promedio de los ladrillos de concreto patrón y experimental

Tiempo de curado (Días) (*)	Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino (**)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1	134,2
1	1	137,2
1	1	136,2
1	2	142,5
1	2	143,2
1	2	143,5
1	3	149,8
1	3	149,0
1	3	150,7
2	1	153,1
2	1	153,6
2	1	154,3
2	2	158,5
2	2	159,1
2	2	159,9
2	3	162,3
2	3	163,5
2	3	164,3
3	1	175,1
3	1	175,4
3	1	175,9
3	2	173,7
3	2	173,4
3	2	174,4
3	3	174,6
3	3	174,4
3	3	175,0

(\*) Para el tiempo de curado. 1 es 7 días, 2 es 14 días y 3 es 28 días.

(\*\*)Para la sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino. 1 es 0%, 2 es 5% y 3 es 10%.

Fuente: Elaboración propia, basado en la tabla 5.

Anexo 6. Análisis estadístico para la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto

Tabla 11. Factores inter – sujetos

		Etiqueta de valor	N
Tiempo de curado	1,00	7 Días	9
	2,00	14 Días	9
	3,00	28 Días	9
Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino	1,00	0%	9
	2,00	5%	9
	3,00	15%	9

Fuente: Elaboración propia, basado en las unidades de análisis

Tabla 12. Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental

Tiempo de curado	Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino	Media	Desviación	N
7 Días	0%	135,8667	1,52753	3
	5%	143,0667	,51316	3
	10%	149,8333	,85049	3
	Total	142,9222	6,11694	9
14 Días	0%	153,6667	,60277	3
	5%	159,1667	,70238	3
	10%	163,3667	1,00664	3
	Total	158,7333	4,26790	9
28 Días	0%	175,4667	,40415	3
	5%	173,8333	,51316	3
	10%	174,6667	,30551	3
	Total	174,6556	,79390	9
Total	0%	155,0000	17,19724	9
	5%	158,6889	13,33674	9
	10%	162,6222	10,78886	9
	Total	158,7704	13,84202	27

Fuente: SPSS v. 25

Tabla 13. Medias marginales estimados para el tiempo de curado

Tiempo de curado	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
7 Días	142,922	,266	142,364	143,480
14 Días	158,733	,266	158,176	159,291
28 Días	174,656	,266	174,098	175,213

Fuente: SPSS v. 25

Tabla 14. Comparaciones múltiples para la sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino

	(I) Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino	(J) Sustitución de cemento por ceniza de hoja de pino	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	0%	5%	-3,6889*	,37548	,000	-4,6472	-2,7306
		10%	-7,6222*	,37548	,000	-8,5805	-6,6639
	5%	0%	3,6889*	,37548	,000	2,7306	4,6472
		10%	-3,9333*	,37548	,000	-4,8916	-2,9750
	10%	0%	7,6222*	,37548	,000	6,6639	8,5805
		5%	3,9333*	,37548	,000	2,9750	4,8916
DMS	0%	5%	-3,6889*	,37548	,000	-4,4777	-2,9000
		10%	-7,6222*	,37548	,000	-8,4111	-6,8334
	5%	0%	3,6889*	,37548	,000	2,9000	4,4777
		10%	-3,9333*	,37548	,000	-4,7222	-3,1445
	10%	0%	7,6222*	,37548	,000	6,8334	8,4111
		5%	3,9333*	,37548	,000	3,1445	4,7222
Bonferroni	0%	5%	-3,6889*	,37548	,000	-4,6798	-2,6979
		10%	-7,6222*	,37548	,000	-8,6132	-6,6313
	5%	0%	3,6889*	,37548	,000	2,6979	4,6798
		10%	-3,9333*	,37548	,000	-4,9243	-2,9424
	10%	0%	7,6222*	,37548	,000	6,6313	8,6132
		5%	3,9333*	,37548	,000	2,9424	4,9243

Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = ,634

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Fuente: SPSS v.25.

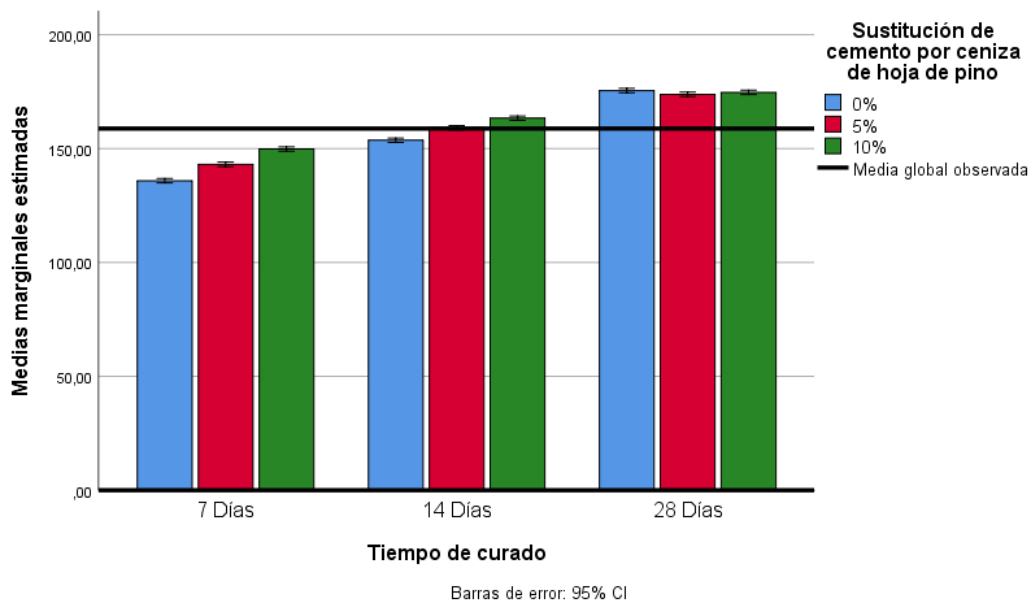


Figura 3. Medias marginales estimados de resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental



## Anexo 7. Proceso de recolección y tratamiento de las hojas de pino



Figura 4. Árbol de Pino (Pinar).



Figura 5. Recolección de hojas de pino.



Figura 6. La ceniza de hoja de pino para el laboratorio



Figura 7. Peso de ceniza hojas de pino.

Anexo 8. Proceso de recolección y tratamiento de los agregados de la cantera Tacllan



Figura 8. Agregado grueso para la elaboración de ladrillo de concreto (Tacllan).



Figura 9. Agregado fino para la elaboración de ladrillo de concreto (Tacllan).



Figura 10. Haciendo el cuarteo del agregado fino.



Figura 11. Realizando el tamizado de arena fina.



Figura 12. Determinando el peso de la muestra – agregado fino.



Figura 13. Llevando el agregado fino al horno 24h de secado.

Anexo 9. Proceso de elaboración del ladrillo de concreto patrón y experimental



Figura 14. Preparación de la Mezcla



Figura 15. Moldes para la elaboración de ladrillo de concreto.



Figura 16. Desmoldeo de ladrillo de concreto



Figura 17. : Ladrillos de concreto

Anexo 10. Prueba de rotura para la resistencia de los ladrillo de concreto patrón y experimental a las edades 7, 14 y 28 días.



Figura 18. Ladrillos de concreto patrón sometidos a la resistencia de compresión.



Figura 19. Ladrillos de concreto con sustitución 10% sometidos a la resistencia de compresión.





Figura 20. Ladrillos de concreto patrón y experimental sometidos a la resistencia de compresión.

## Anexo 11. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables

Tabla 15. Conceptuación y operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Ceniza de hoja de pino (X)	Según Romero (2018), afirmo que las cenizas de hoja de pino son beneficiosas para la resistencia a la compresión, las cuales reemplaza a las puzolanas en la mezcla de un concreto.	Este proceso, se realiza a través de etapas secuenciales en las cuales se sustituirá porcentajes de 5% y 10% de ceniza para el objetivo de aumentar la resistencia de un ladrillo de concreto.	Propiedades físicas	Granulometría Densidad Humedad Absorción
Resistencia a la compresión $f'_c = 175\text{kg/cm}^2$ de un ladrillo de concreto (Y)	Según NTP 339.006 (2006), es la encargada de los elementos de hormigón (concreto) usados en albañilería, ladrillos y bloques, su muestreo y recepción, además según la NTP 339.007 especifica todos los ensayos que se debe realizar a un ladrillo de concreto. Estas normas establecen que la resistencia a la compresión Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Se realizara la medición de la resistencia a la compresión $f'_c = 175\text{kg/Cm}^2$ de un ladrillo de concreto, esto se realizara a los 7 días, 14 días y 28 días de vida de la probeta experimental y patrón.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia, basada en el método del proyecto.