

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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 para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Bazán Garrido, Jimmy Frank

Asesor:

Flores Reyes Gumercindo.

Huaraz – Perú

2018

PALABRAS CLAVE

Tema	Concreto, hoja de pino, resistencia
Especialidad	Tecnología del concreto

KEYWORDS

Theme	Concrete, pine leaf, resistance
Specialty	Concrete Technology

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Código	Línea
1.0.	Ingeniería
2.0.	Ingeniería y Tecnología
2.1.	Ingeniería Civil

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

“Efecto de la Sustitución de un 5%, 10% y 15% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino “Pinus Radiata” en la Resistencia de un Concreto de $F'C= 175 \text{ Kg/Cm}^2$ ”.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación desarrolló el análisis y evaluación de diversos residuos, tales como residuos agrícolas que para el caso de la investigación referido a la hoja de pino, lo cual se empleó como sustituto del cemento, con el propósito principal de determinar la influencia en cuanto a características físicas y químicas en mezclas de concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de la ceniza de hoja de pino como sustituto en porcentajes del cemento.

El análisis químico de la ceniza se realizó con el método gravimétrico, identificándose los principales óxidos para comparar con los lineamientos de la norma ASTM C 618-00, el cual menciona que la suma de los óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) deben superar el 50% para que un material pueda considerarse como un material puzolámico de clase C, en este caso las sumas porcentuales de los óxidos son de 51.174%.

Al realizar los ensayos de resistencia a la compresión de un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ (propiedad mecánica principal del concreto), se obtuvo que, con un contenido entre 15% y 20%, de ceniza de hoja de pino como sustituto en peso del cemento Portland Puzolámico Tipo I; las resistencias a la compresión determinan que la adición de la ceniza de hoja de pino superan en un mínimo al patrón con un 15% llegando así a un 101.41% aumentando en 0.03% de la resistencia a compresión a 28 días de su curado; asimismo, reduciendo un mínimo con un 20% llegando a un 94.95% y disminuyendo en 6.43% de la resistencia a compresión a 28 días de su curado.

ABSTRACT

The present research project developed the analysis and evaluation of various residues, such as agricultural residues that in the case of the investigation referred to the pine leaf, which was used as a substitute for cement, with the main purpose of determining the influence on Regarding physical and chemical characteristics in concrete mixtures of $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$ with the use of pine leaf ash as a substitute in percentages of cement.

The chemical analysis of the ash was performed with the gravimetric method, identifying the main oxides to compare with the guidelines of the ASTM C 618-00, which mentions that the sum of the oxides ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) must exceed the 50% for a material to be considered as a class C pozzolaic material, in this case the percentage sums of the oxides are 51,174%.

When performing the tests of resistance to the understanding of a concrete $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$ (main mechanical property of the concrete), it was obtained that, with a content between 15% and 20%, of pine leaf ash as a substitute by weight of Pozzolamic Portland cement Type I; the resistance to the understanding determines that the addition of the pine leaf ash exceeds a minimum to the standard with 15%, thus reaching 101.41%, increasing in 0.03% of the resistance to compression to 28 days of curing; likewise, reducing a minimum with 20% reaching 94.95% and decreasing in 6.43% of the resistance to compression to 28 days of curing.

ÍNDICE

Palabras Clave – Key Words – Línea de Investigación.....	i
Título de la Investigación.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice.....	v
Índice de Tablas.....	vi
Índice de Figuras.....	.viii
Simbología y Abreviaturas.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	28
III. RESULTADOS.....	32
IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN.....	54
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
AGRADECIMIENTO.....	61
ANEXO Y APENDICE.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos químicos de las Cenizas	6
Tabla 2: Reacciones de Hidratación de los Silicatos del Cemento Portland.....	7
Tabla 3: Componentes principales del cemento portland tipo I.....	8
Tabla 4: Composición química del cemento	8
Tabla 5: Requisitos granulométricos para el agregado fino	11
Tabla 6: Límites Granulométricos para el Agregado Grueso.....	17
Tabla 7: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.....	19
Tabla 8: Clases de mezclas y su asentamiento	23
Tabla 9: Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días	26
Tabla 10: Variable Dependiente.....	26
Tabla 11: Variable independiente	26
Tabla 12: Diseño en bloque completo al azar	29
Tabla 13: Técnicas de Recolección de Información.....	30
Tabla 14: Resultado De Fluorescencia De Rayos X de las cenizas de hojas de pino	34
Tabla 15: Ph Del Cemento, Ceniza De Hoja De Pino Y Sus Combinaciones	35
Tabla 16: Análisis granulométrico arena.....	35
Tabla 17: Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216).....	36
Tabla 18: Gravedad Específica Y Absorción Agregado Fino (Según Norma ASTM C-127).....	36
Tabla 19: Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino.....	37
Tabla 20: Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino	37
Tabla 21: Análisis granulométrico grava	37
Tabla 22: Contenido de humedad agregado grueso (ASTM D-2216)	38
Tabla 23: Gravedad Específica Y Absorción Agregado Grueso (Según Norma ASTM C-127).....	38
Tabla 24: Peso Unitario Suelto Del Agregado Grueso.....	39
Tabla 25: Peso Unitario Compactado Del Agregado Grueso.....	39
Tabla 26: Peso específico de la ceniza	39
Tabla 27: Método por peso equivalente: 100.00% de cemento + 00% de ceniza de hoja de pino	40

Tabla 28 : Resumen de diseño patrón	40
Tabla 29: Método por peso equivalente:85.00% de cemento + 15.00% de ceniza de hoja de pino	41
Tabla 30: Resumen de diseño 15% de sustitución	41
Tabla 31: Método por peso equivalente: 90.00% de cemento +20.00% de ceniza de hoja de pino	42
Tabla 32: Resumen de diseño 20% de sustitución	42
Tabla 33: Ensayo de resistencia a compresión patrón.....	43
Tabla 34: Ensayo de resistencia a compresión 15% de sustitución	44
Tabla 35: Ensayo de resistencia a compresión 20% de sustitución	45
Tabla 36: Resistencia a la compresión 100%(Cemento)+0%(Ceniza de hoja de Pino)...	46
Tabla 37: Resistencia a la compresión 85%(Cemento)+15%(Ceniza de hoja de Pino)...	47
Tabla 38: Resistencia a la compresión 80%(Cemento)+20%(Ceniza de hoja de Pino)...	48
Tabla 39: Resumen de resultados de ensayos de Trabajabilidad	49
Tabla 40: Resistencia a la compresión promedio obtenido	49
Tabla 41: Resistencia a la compresión de las probetas según los porcentajes de ceniza de hoja de pino y el tiempo de curado	52
Tabla 42: Calculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto.....	52
Tabla 43: Calculo de la prueba de Dunca para verificar cuál de las resistencias medias de las probetas es diferente.....	53
Tabla 44: Comparaciones de todas las medidas de tratamientos con un control o testigo	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Hojas de pino	4
Figura 2: Equipo para prueba de consistencia	24
Figura 3: Prueba de consistencia	25
Figura 4: Análisis termo gravimétrico de ceniza de hoja de pino	32
Figura 5: Curva calorimétrica DSC de ceniza de hoja de pino	33
Figura 6: Análisis granulométrico del agregado fino (ASTM C 136-06)	36
Figura 7: Análisis granulométrico del agregado grava (ASTM C 136-06).....	38
Figura 8: Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad (Días).....	50
Figura 9: Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad (Días).....	50
Figura 10: Resistencia a la Compresión Vs. Edad	51
Figura 11: Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad (Días).....	51

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

°C : Grados Centígrados

ASTM : American Society for Testing and Materials / Sociedad Americana para Ensayos y Materiales

ASSHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials

Al₂O₃ : Trióxido de Aluminio

CaO : Óxido de Calcio

CHP : Ceniza de Hoja de Pino

CPTI : Cemento Portland Tipo I

DSC : Differential Scanning Calorimetry / Calorimetría Diferencial de Barrido

FRXDE : Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía

Fe₂O₃ : Trióxido de Hierro

K₂O : Óxido de Potasio

NTP : Norma Técnica Peruana

PH : Potencial de Hidrógeno

SiO₂ : Sílice

TGA : Thermogravimetric Analysis / Análisis Termogravimétrico

I. INTRODUCCION

Este proyecto de investigación está fundamentado en una recopilación de antecedentes que demuestra la eficacia del uso de la Ceniza de Hoja de Pino (CHP), Las cuales por su mayor óxidos del material, al ser activados térmicamente, se transforman en óxidos que al ser combinados pueden sustituir al cemento.

Por otro lado más de 20 mil árboles de pino radiata (*Pinus Radiata*) fueron sembrados en la comunidad del pinar – Huanchac – Huaraz a más de 3 300 m.s.n.m. El servicio Forestal Nacional y Fauna Silvestre (Serfor) registro esta primera plantación en un área de 11 hectáreas, que hoy en día son beneficiados por el centro de convenciones y recreo campestre “El Bosque”.

El objetivo de este proyecto de investigación fue determinar el efecto de la sustitución de 15% y 20% del cemento por ceniza de hoja de pino “*Pinus Radiata*” en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Por lo que es indispensable conocer todas las características de estos materiales antes de ser aplicados en concreto, con el fin de lograr su eficacia en la aplicación experimental.

Se abordaron una serie de antecedentes descritos a continuación

Hernández, Álvarez & Montes (2009), es una investigación denominada “cenizas de coco y hojas de pino para su uso como puzolana”, realizada en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional I.P.N., Unidad Oaxaca. Calle hornos No. 1003, Col. Sta. Cruz Xoxocotlán C.P. 71230, Oaxaca, México tuvo, como objetivo general evaluar y analizar el comportamiento sobre las cenizas del coco para su uso como puzolana. Concluyó los resultados de Índice de Actividad Resistente (IAR) de la ceniza de conchas de coco indican que ésta tiene bajo potencial puzolánico, ya que los valores que se obtuvieron son menores al 75% de IAR a 7 y 28 días establecido por la norma ASTM C 618-05, lo cual se corrobora con los resultados de composición química. La ceniza de conchas de coco puede mejorarse con algún tratamiento, sin embargo, se encarecería el producto y sería muy demandante en energía.

Gómez & Orrala (2015), en su tesis de titulación “estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de Santa Elena”, realizada en la universidad estatal península de Santa Elena, Ecuador, tuvo como objetivo general obtener un hormigón de cemento portland utilizando puzolanas artificiales obtenidas por calcinación controlada de los residuos del cultivo de maíz como sustituto parcial del cemento, sin afectar su resistencia a la compresión en comparación con los diseños patrón, obteniendo un consecuente beneficio técnico-medioambiental. Concluyó que la tesis desarrollada pone en manifiesto el fundamento tanto teórico como práctico necesario para garantizar el uso de hormigón con adición de puzolana a base de ceniza producida por la calcinación del cultivo de maíz. Esta ceniza es un material válido en la sustitución parcial del cemento portland, respaldado por normas y ensayos que avalan la puzolana así obtenida.

(Pinel, 2014), en su tesis de titulación “valorización de cenizas de bagazo procedentes de honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento portland”, tuvo como objetivo general fundamental de esta investigación es estudiar la posible valorización de diferentes muestras de ceniza de bagazo de caña de azúcar procedente de Honduras. Para ello, se pretende realizar una caracterización físico-química, así como evaluar la reactividad puzolánica para su posible adición en morteros y hormigones. Concluyó De manera general se puede concluir que, en las condiciones estudiadas, es factible utilizar las cenizas de San Pedro Sula y Choluteca como adición puzolánica en morteros, generándose de esta manera una alternativa para el uso de estos residuos agrícolas que consiga un beneficio económico y medioambiental. Los resultados obtenidos abren la puerta al uso de la CBCA en prefabricados de base cementicio.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento.

Debido a los grandes costos que se generan al realizar construcciones con los materiales convencionales, además de la gran contaminación producida por ellos, los estudiantes nos vemos en la necesidad de dirigir la mirada a la utilización de materiales alternativos, entre estos los que nos permitan el aprovechamiento de diversos residuos, tales como residuos agrícolas que para el caso de la investigación referido a hojas de pino, con lo cual se reducirían costos al momento de elaborar materiales con este desecho, permitiendo así

aliviar diversos problemas, además, brindar una solución económica de vivienda que admita ser más accesible a las poblaciones menos favorecidas. Las hojas de pino son materiales que se puede hallar en diversas zonas alto andinas y podrían ser aprovechadas casi a un nivel de costo cero ya que las hojas de pino no demuestran ningún uso en específico a diferencia del tronco del mismo. Este material es biodegradable, sin embargo la mayoría de pobladores que poseen no le dan ningún uso en especial con lo cual hace que se generen montículos de ramas de hojas de pino generando una especie de basura al momento de ser cortados, sólo un pequeño porcentaje del mismo es utilizado como abono por sí mismo. Por lo tanto, se considera que en esta propuesta se hace necesario investigar sobre el uso de las cenizas de hojas de pino como posible material no tradicional, de tal forma que nos permita encontrar un material compuesto que nos proporcione una alternativa económica acorde a los requerimientos de la construcción.

La problemática de la presente investigación se pone de manifiesto en las siguientes líneas:

Debido al constante aumento de la población, ello a su vez trae consigo al que se incremente el consumo de los recursos naturales para satisfacer las necesidades del ser humano. Y siendo así el cemento un producto elaborado a base de recursos no renovables, traerá como consecuencia al punto de que se agote dichos recursos naturales, por ello los países desarrollados y en vías de desarrollo, vienen implementando tecnología de materiales de construcción, para llegar a un desarrollo sostenible, que no comprometa y conserve los recursos de las futuras generaciones, ni altere el medio ambiente. Asimismo, otra problemática presente viene dado a través de un efecto negativo de la industria de la construcción que es la contaminación ambiental, el cual a su vez hace que se incremente el calentamiento global que como se sabe afecta a todos los seres vivos de nuestro planeta.

Otro aspecto a tener en cuenta es la economía, que al estar en crisis económica nuestra región, limita el desarrollo en infraestructura de las grandes mayorías y genera a su vez escases de recursos, los cuales a la larga no podrán cubrir las necesidades de la población, es decir presencia de necesidades insatisfechas. En ese sentido, surge la necesidad de crear alternativas del material cementante, mediante la sustitución parcial del cemento con biomateriales - en este caso cenizas a base de hoja de pino- para disminuir la emisión de CO₂ (dióxido de carbono) al medio ambiente. Siendo nuestro país rico en recursos naturales renovables, es muy importante estudiar su biomasa, para conocer cuál de ellos

podríamos aprovechar para la industria de la construcción, de manera que se beneficie a la población en su economía y medio ambiente.

Teoría del Concreto

El concreto (hormigón) es un material que se obtiene de una mezcla de componentes: conglomerante (cemento), agregados (arena y piedra), agua y, de manera opcional, aditivos. La pasta, compuesta por cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada), lo cual crea una masa similar a una roca. (Guevara, y otros, 2012).

Hojas de Pino.

Descripción del Pino

Acícula (del latín vulgar *acūcūla*, diminutivo de *acuse* aguja) es el término empleado en Botánica para designar agujijones finos y delicados que no son hirientes. En algunas regiones recibe el nombre de Pinocha. Por extensión, los órganos aciculares son aquellos con forma larga y fina, muy especialmente las hojas de los pinos, también tienen forma acicular la hojas vulgarmente llamadas cebollinas, a las que se llama simplemente «acículas». (Lancha & Sempere, 1988).



Figura 1: Hojas de pino

Fuente: <https://www.google.com.pe/search?q=Can+Stock+Photo&source>

Cenizas de Hojas de Pino

Las cenizas de residuos agrícolas

Los residuos agrícolas son los producidos en las actividades del llamado sector primario de la economía, (agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal) y por industrias alimenticias. Estos residuos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Residuos de base orgánica
- Residuos de base inorgánica

Los residuos de base orgánica son ricos en productos orgánicos naturales, fundamentalmente celulosas, lignina, azúcares y materiales fibrosos. Algunas de sus características fundamentales son la ligereza, porosidad y la solubilidad de la fracción orgánica. Al ser utilizado como una adición al hormigón, éste sufre cambio en sus propiedades como ser el aligeramiento, el retraso de fraguado y endurecimiento, además de un incremento en la demanda de agua. Las fibras naturales se pueden obtener de diversas partes de las plantas y árboles. Por ejemplo se obtienen fibras del tallo del yute, de las hojas del sisal o el henequén, de la superficie del algodón o el coco y de la madera del eucalipto o del bambú. Algunas especies se cultivan específicamente para la obtención de fibras para textiles y otras áreas industriales. En muchos casos pueden fabricarse fibras para hormigón a partir de residuos vegetales como el bagazo de caña de azúcar y la fibra de coco verde. De igual manera se pueden fabricar partículas vegetales para ser usadas en hormigones ligeros, por ejemplo la cáscara de arroz. Los residuos de base inorgánica son ricos en sustancias inorgánicas generalmente sílice y alúmina, con contenidos importantes de álcalis. Sus características fundamentales son granulometría fina, baja solubilidad y una fracción vítrea importante. (Gomez & Orrala, 2015).

Algunos ejemplos de residuos agrícolas de base inorgánica son: Ceniza de cáscara de arroz

- Ceniza de bagazo de caña de azúcar
- Ceniza de paja de caña
- Ceniza de cáscara de palma
- Ceniza de paja de trigo
- Ceniza de borra de café

La norma ASTM C 618-03 divide en tres los tipos de ceniza:

- Clase N: Puzolanas naturales calcinadas o sin calcinar, como algunas tierras diatomáceas; horstenos opalinos y pizarras; tobas y cenizas volcánicas o pumíticas,

calcinadas o sin calcinar; y materiales varios que requieren de calcinación para inducir propiedades satisfactorias, como algunas arcillas y pizarras.

- Clase F: Ceniza volante normalmente producida de la calcinación del carbón antracítico o bituminoso.
- Clase C: Ceniza volante normalmente producida de la calcinación del carbón sub bituminoso o lignito. Esta clase de ceniza volante tiene propiedades cementicia.

Las cenizas que deben ser empleadas para la elaboración del concreto deben ser cenizas de Clase F, no son recomendables las cenizas de Clase C, porque tienen exceso de cal y poco de óxido de alúmina y óxido de fierro. (López, 2010).

Composición Química

Aparentemente existen diferencias considerables en la composición química de las puzolanas, se ha efectuado algunas críticas sobre la suma sugerida para los óxidos como elementos de plastificación de las cenizas y se ha recomendado que estas deberán ser clasificadas por su contenido de óxido de cal. La cantidad de sulfato en las cenizas puede afectar la cantidad optima de ceniza necesaria para el desarrollo de máxima resistencia y aceptable fraguado en las mezclas de cemento portland en las que ella es aceptada. Pero para ello nos basamos en las normas existentes y vigentes en la actualidad.

La norma ASTM-C-618-03 dice que la composición química debe estar acorde con los requerimientos de la tabla 1.

Tabla 1: *Requerimientos químicos de las Cenizas*

	CLASE		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) + óxido de fierro (Fe ₂ O ₃), min %	70.00	70.00	70.00
Trióxido de azufre (SO ₃), MAX. %	4.00	5.00	5.00
Contenido de humedad, max. %	3.00	3.00	3.00
Perdida por calcinación, max. %	10.00	6.00	6.00
El uso de puzolanas clase F que contenga hasta un 12.0 % de perdida por calcinación puede ser aprobada por el usuario si los registros de desempeño aceptables o los resultados de las pruebas de laboratorio están disponibles.			

Fuente: Astm C 618-03.

Reacción Química de las Cenizas con los Componentes del Cemento

Los dos silicatos de calcio (C3S y C2S), los cuales constituyen 75% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado (hidrato de silicato de calcio). La resistencia y otras propiedades del cemento hidratado se deben principalmente al silicato de calcio hidratado, éste es el corazón del concreto.

El cemento portland hidratado contiene del 15% hasta 25% de hidróxido de calcio y aproximadamente 50% de silicato de calcio hidratado, en masa. (PCA, 2004).

Tabla 2: Reacciones de Hidratación de los Silicatos del Cemento Portland

$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	+	H_2O	=	C-S-H	+	$\text{CaO}\cdot\text{H}_2\text{O}$
Silicato tricálcico		agua		Silicato de calcio hidratado		Hidróxido de calcio
$2\text{Ca}\cdot\text{SiO}_2$	+	H_2O	=	C-S-H	+	$\text{CaO}\cdot\text{H}_2\text{O}$
Silicato dicálcico		agua		Silicato de calcio hidratado		Hidróxido de calcio

Fuente: (PCA, 2004).

La reacción adicional 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. (ACCA, 2003).

Propiedades Químicas del Cemento

Los componentes principales del cemento portland lo constituyen los silicatos y los aluminatos de calcio, estos compuestos se forman por la asociación química de diferentes óxidos como el óxido de calcio (CaO), que se representa químicamente en forma abreviada por la letra C, la sílica (Si O2) que se representa por S, la alúmina (Al2O3) que se representa por A y el óxido de fierro (Fe2 O3) representado por F. Los compuestos principales resultados del proceso de fusión química en el horno son cuatro, sus nombres, fórmulas químicas abreviadas comunes se citan en la siguiente tabla 3: (CV, 2011).

Tabla 3: Componentes principales del cemento portland tipo I

OXIDOS	CONTENIDO (%)
Oxido de calcio (CaO)	60 – 67
Oxido de Silice (SiO₂)	17 – 25
Oxido de Aluminio (Al₂O₃)	3 – 8
Oxido de Hierro (Fe₂O₃)	0.5 – 6
Oxido de Magnesio MgO	0.1 – 4.0
Álcalis	0.2 – 1.3
Óxido de azufre (SO ₃)	1 – 3

Fuente: Composición química del cemento portland

Tipos de cemento Portland.

Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland ASTM C 150. (Castillo, 1994).

A. Portland Tipo I: Es un cemento normal, se produce por la adición de clinker más yeso. De uso general en todas las obras de ingeniería donde no se requiera miembros especiales. De 1 a 28 días realiza 1 al 100% de su resistencia relativa. (Paredes, 2006)

Tabla 4: Composición química del cemento

Ítems	ASTM C 150	
	Units	Specification
Chemical analysis		
SiO ₂	%	≤ 22.0
Al ₂ O ₃	%	≤ 5.80
Fe ₂ O ₃	%	≤ 4.00
CaO	%	≥ 59.00
MgO	%	≤ 6.00
SO ₃	%	≤ 3.0

Fuente: Norma ASTM C-150

Agua

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

En caso de tener que usar en la dosificación del concreto, agua no potable o de calidad no comprobada, debe hacerse con ella cubos de mortero, que deben tener a los 7 y 28 días un 90% de la resistencia de los morteros que se preparen con agua potable. (Pérez, 2010).

Agregados

Generalmente se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados: Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Clasificación

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

A. Por Su Naturaleza

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

- a. El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 100, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- b. El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- c. El hormigón, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

Agregado Fino

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada de dimensiones reducidas, que pasan por el tamiz 3/8" (9.52mm) y que es retenida en el tamiz N°200 (0.074mm) NTP400.037. (Castillo, 1994)

Sin embargo el Manual de ensayo de materiales (EM 2000) del MTC E 204-2000, El cual está basado según a las normas ASTM 136 y AASHTO T 27, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Este Manual indica que para mezclas de agregados gruesos y finos la muestra será separado en dos tamaños, por el tamiz 4.75mm (N°4). Por lo tanto, para la presente investigación, se manejará al tamiz N°4 para separar el agregados grueso y fino.

Granulometría

El conocimiento de la composición granulométrica del agregado nos permite conocer la distribución de tamaños en función a sus volúmenes, pero representados en este ensayo en función a sus pesos retenidos en mallas, cuyas aberturas difieren sucesivamente en la mitad de la anterior.

Estas partículas deberán tener un comportamiento óptimo en la mezcla, y esto solo se obtendrá si sus volúmenes llegan a tener una buena compacidad entre ellas, conociendo que el agregado grueso aporta con su resistencia y su volumen, y el agregado fino actúa como lubricante para la suspensión de los agregados gruesos en la mezcla, aportando en mejorar la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla. Por lo que concluimos que una granulometría optima origina en la mezcla una alta densidad, buena trabajabilidad y un óptimo contenido de cemento. En general se considera que las granulometrías sean continuas, es decir aquellas en las que el tamaño de las partículas varía del más fino al más grueso siguiendo una ley uniforme, son las más satisfactorias, no siendo deseable que en cada tamiz sean retenidos porcentajes iguales.

La experiencia ha demostrado que es posible obtener concretos de calidad empleando agregados con granulometrías discontinuas; es decir excluyentes de determinados tamaños de agregados, siendo la principal desventaja de estas la posibilidad de una mayor segregación, la corrección de la granulometría del agregado fino por tamizado y recombinación, puede ser costosa e impracticable, para el agregado grueso puede ser fácilmente realizada. (López, 2000).

Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas: N°4 a N°100.
- El agregado no deberá retener más de 45% en dos tamices consecutivos cualquiera.
- En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites.

Tabla 5: Requisitos granulométricos para el agregado fino

TAMAÑO DE MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm. (3/8")	100
4.75 mm. (N°4)	70_90
2.36 mm. (N°8)	45_70
1.18 mm. (N° 16)	28_50
600 um. (N° 30)	19_34
300 um. (N°50)	12_25
150 um. (N°100)	7_18
75 um. (N°200)	5_15

Fuente: (ISSA TB 143)

Módulo de fineza

Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizado. (Muñoz, 2015).

Según la norma ASTM establece que el agregado fino (arena) debe tener un módulo de finura entre 2.30 - 3.10, donde el valor más alto indica una gradación más gruesa.

Se estiman que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 - 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

El módulo de finura se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100. (Castillo, 1994).

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

Contenido De Humedad

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante porque puede hacer variar la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

$$\text{Contenido húmedo del A. fino} = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} * 100$$

Peso Específico

La NTP, establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino. (Santiago, 2009)

El peso específico de los agregados expresa el peso de las partículas de agregado relacionado a un volumen igual de agua, sin considerar los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 kg/m³. Esta propiedad es útil para la dosificación del concreto, al incidir principalmente en el cálculo de los volúmenes absolutos de los agregados. (Calla Salcedo, 2013).

Absorción

Este ensayo nos permite determinar el porcentaje de absorción (después de 24 horas en el agua).

Según la NTP, la absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco. (Santiago, 2009).

Si la humedad es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al concreto para compensar a los agregados. Por el contrario, si la humedad supera la absorción, habrá que quitar agua al concreto ya que los agregados estarán aportando agua. (Calla Salcedo, 2013).

Peso Específico de los Solidos

$$P.e.s = \frac{W_s}{(W_m - V)}$$

Donde:

P. e.: Peso específico de sólidos.

W_s: Peso seco de la muestra.

W_m: Peso de la muestra.

V: Volumen de la muestra.

Peso Específico de Solidos Saturado con Superficie Seca

$$P.e.SSS = \frac{W_{SSS}}{(W_m - V)}$$

Peso Específico Aparente

$$P.e.a = \frac{W_s}{(W_m - V) - (W_{SSS} - W_s)}$$

Absorción

$$\%Abs = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} * 100$$

Peso Unitario

El peso unitario o peso aparente del agregado, es el peso que alcanza determinado volumen unitario. El peso unitario está influenciado por: la gravedad específica, granulometría, perfil y textura superficial, contenido de humedad, y de factores externos como: grado de compactación impuesto, diámetro nominal máximo en relación con el volumen. (Calla Salcedo, 2013).

Es el cociente de dividir, el peso de las partículas del agregado entre el volumen de las mismas, considerando los vacíos entre ellas (volumen aparente). Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico. Su determinación en el laboratorio no siempre corresponde al que se obtiene en condiciones de obra, ya que varía según las condiciones intrínsecas del agregado como: su forma, su granulometría y tamaño máximo con el volumen del recipiente, la forma de colocación. (Santiago, 2009).

Existen 2 tipos de pesos unitarios:

Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término "Peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen ocupado por el agregado y por los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Peso Unitario Compactado: (P.U.C.)

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

Todos los agregados presentan distinta proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto.

$$\text{P.U.C} = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Agregado Grueso

Es el agregado que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o ASTM C33. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada. etc.

Gravas

Comúnmente llamados "Canto Rodado", es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la desintegración natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras lechos de ríos depositados en forma natural.

Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en formas más o menos redondeadas. Las gravas pesan de 1600 a 1700 kg/m³. (Castillo, 1994).

Piedra Partida o Chancada

Se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.

Su función principal es dar volumen y apoyar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda. (Castillo, 1994).

Para la presente investigación se ha utilizado piedra chancada procedente de la cantera “Tacllan”.

El agregado de esta cantera es de origen sedimentario, donde la acción erosiva de las aguas pluviales, la fuerza hidráulica y el acarreo de estos minerales, nos proporcionan un agregado de forma redondeada, denominados de canto rodado. (Calla Salcedo, 2013).

Granulometría

Denominado también análisis granulométrico, viene a ser la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Si un agregado no está dentro del huso granulométrico se puede ajustar separando el material pasándolo por una malla intermedia en las proporciones debidas. No interesa que las curvas estén fuera del huso granulométrico, lo que importa es que la combinación cumpla, ya que en definitiva es la que condiciona el resultado de la mezcla, para esto es preferible que no esté muy desfasado del huso granulométrico. (Calla Salcedo, 2013).

Limites Granulométricos

Los límites granulométricos (Husos) que recomienda la NTP 400.037 para el agregado grueso se detallan de acuerdo a la tabla 6, en donde se observa 15 límites granulométricos. (Salvatierra, 2011)

Tabla 6: Límites Granulométricos para el Agregado Grueso

Tamaño Nominal	Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso												
	4" 100mm	3 1/2" 90mm	3" 75mm	2 1/2" 63mm	2" 50mm	1 1/2" 37.5mm	1" 25 mm	3/4" 19mm	1/2 " 12.5mm	3/8" 9.5mm	N°4 4.75m m	N°8 2.36m m	N°16 1.18m m
3 1/2" a 1/2"	100	90_100	-	25_60	-	0_15	-	0_5					
2 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90_100	35_70	0_15	-	0_5					
2" a N°4	-	-	-	100	95_100	-	35_70	-	10_30		0_5		
1 1/2" a N°4	-	-	-	-	100	95_100	-	35_70	-	10_30	0_5		
1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90_100	40_85	10_40	0_15	0_5		
1" a N°4	-	-	-	-	-	100	90_100	-	25_60	-	0_10	0_5	
3/4" a N°4	-	-	-	-	-	-	100	90_100	-	20_55	0_10	0_6	
2" a 1"	-	-	-	-	-	35_70	0_15	-	0_5				
1 1/2" a 3/4"	-	-	-	-	90_100	90_100	20_55	0_15	-	0_5			
1 a 1/2"	-	-	-	-	100	100	90_100	20_55	0_10	0_5			
3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90_100	20_55	0_15	0_5		
1 1/2" a N°4	-	-	-	-	-	-	-	100	90_100	40_70	0_15	0_5	
3/8" a N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85_100	10_30	0_10	0_5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

Tamaño Máximo

De acuerdo a la norma NTP 400.037 define al Tamaño Máximo del agregado grueso como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

El Tamaño Máximo del agregado grueso viene a ser el tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado. (Haro, 2013).

Granulometrías muy distintas pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse en presente en la selección del agregado, de su granulometría y de las proporciones de la mezcla.

Tamaño Máximo Nominal

De acuerdo a la norma NTP 400.037 define al Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso como aquel que “corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso viene a ser el tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado. (Haro, 2013) .

Según la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, el Tamaño Máximo Nominal de agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- a. $1/5$ de la menor separación entre los lados del encofrado.
- b. $1/3$ de la altura de la losa, de ser el caso.
- c. $3/4$ del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.
- d. Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o “cangrejeras”.

Discrepancia entre el Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal

Es pertinente distinguir entre el tamaño máximo efectivo y el que se designa como tamaño máximo nominal.

El primero se identifica con la malla de menor abertura en que alcanza a pasar efectivamente el total de las partículas del conjunto, cuando se le criba sucesivamente en mallas cuyas aberturas se incrementan gradualmente. La determinación de este tamaño máximo es necesaria cuando se analizan granulométricamente muestras representativas de depósitos naturales, a fin de conocer el tamaño máximo disponible en el depósito en estudio; y su verificación es una medida de control indispensable durante el suministro del agregado grueso ya clasificado, previamente a su empleo en la fabricación del concreto,

para prevenir que se le incorporen partículas mayores de lo permitido, que pueden ocasionar dificultades en su elaboración, manejo y colocación.

El tamaño máximo nominal del agregado es el que se designa en las especificaciones como tamaño máximo requerido para el concreto de cada estructura en particular, y se define de acuerdo con diversos aspectos tales como las características geométricas y de refuerzo de las estructuras, los procedimientos y equipos empleados para la colocación del concreto, el nivel de la resistencia mecánica requerida en el concreto, etc. Debido a la dificultad práctica de asegurar una dimensión máxima precisa en el tamaño de las partículas durante la clasificación y el suministro del agregado grueso, es usual conceder una tolerancia dimensional con respecto al tamaño máximo nominal, pero limitando la proporción de partículas que pueden excederlo.

De esta manera, no basta con especificar el tamaño máximo nominal, sino que también es necesario definir el tamaño máximo efectivo permisible y la proporción máxima de partículas que puede admitirse entre el tamaño máximo nominal y el efectivo, es decir, lo que constituye el sobre tamaño nominal tolerable. (Gutierrez, 2009).

Tabla 7: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso

Tamaño máximo nominal aberturas cuadras mm (pulg).	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo kg(lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19 (3/4)	5 (11)
25 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	12 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (220)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
124 (5)	300 (660)

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012

Módulo de Fineza

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando este índice es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén

dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos. (Castillo, 1994).

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, para su cálculo se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100. (Castillo, 1994).

Contenido de Humedad

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante porque puede hacer variar la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

$$\text{Contenido de Humedad del A. Grueso} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

El procedimiento para el cálculo del contenido de humedad es similar a lo realizado para el agregado fino.

Peso Específico

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750 kg/m³. (Santiago, 2009).

El peso específico es un indicador de calidad, en cuanto a los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

La norma ASTM C 128 considera tres tipos de expresión del peso específico. (López, 2000).

- Peso específico de masa; el cual es definido por la norma ASTM E12, como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material

permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua libre de gas.

- **Peso específico de masa saturado superficialmente seco;** el cual es definido como como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables.
- **Peso específico aparente;** el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

En las determinaciones del peso sólido y el volumen absoluto, así como en la selección de las proporciones de la mezcla, se utiliza el peso específico de masa.

Las características de los agregados se determinan por las siguientes formulas:

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{(A - C)}$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{Peso Específico SSS} = \frac{B}{(B - C)}$$

Donde:

Pesos específicos en gr/cm³.

A: Peso de la muestra seca, en gramos.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS), en gramos.

C: Peso de la muestra sumergida en agua, en gramos.

Absorción

Se entiende por absorción, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco.

La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y secado superficial. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto. (López, 2000).

El porcentaje de absorción se determina por la siguiente relación:

$$\% \text{ de Absorción del Agregado Grueso} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca, en gramos.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS), en gramos.

Peso unitario

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

Los agregados redondeados de textura suavizada tienen, generalmente, un peso unitario más alto que las partículas de perfil angular y textura rugosa, de la misma composición mineralógica y granulometría (López, 2000).

El peso unitario suelto o compactado para el agregado grueso el procedimiento es el mismo obtenido para el agregado fino, en dónde:

Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Peso Unitario Compactado: (P.U.C.)

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Concreto en Estado Fresco

Trabajabilidad

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Castillo, 1994).

Tabla 8: Clases de mezclas y su asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera
fluida	Mayor a 5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 49.

La trabajabilidad es un término relativo, porque un concreto se podrá considerar trabajable bajo ciertas condiciones y no trabajable para otras. Por ejemplo, un concreto podrá ser trabajable para un pavimento, pero será difícil de colocar en un muro delgado con refuerzo complicado. Por ende, la trabajabilidad debería definirse solamente como una propiedad

física del concreto fresco, sin hacerse referencia a las circunstancias específicas de un tipo de construcción. (López, 2007).

Para medir la trabajabilidad de las mezclas se utilizará la prueba de revenimiento, o asentamiento en el cono de Abrahams, siguiendo la norma ASTM C 143.

Ensayo de Trabajabilidad

Para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica, tal como se muestra en la figura:

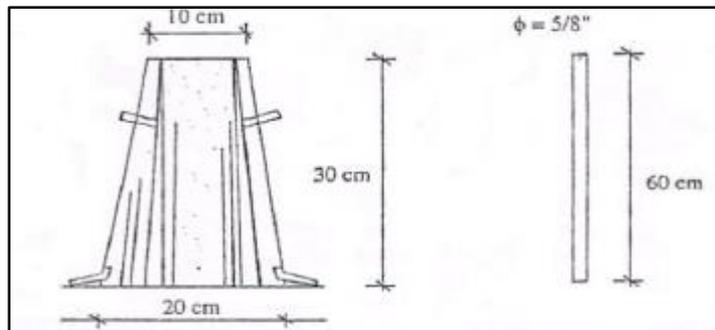


Figura 2: Equipo para prueba de consistencia

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 48.

Procedimiento de Ensayo

El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.

Enseguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.

La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.

El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.

Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.

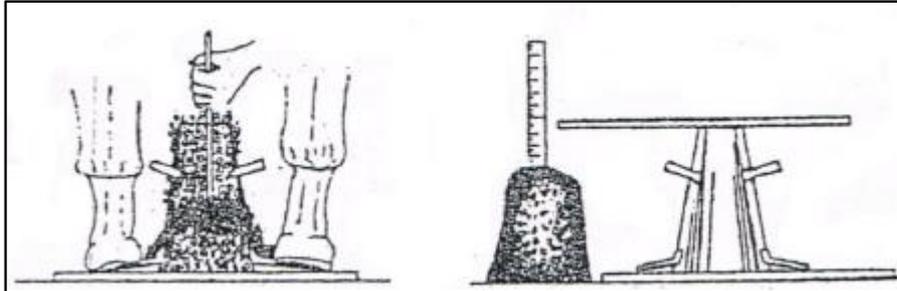


Figura 3: Prueba de consistencia

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 49

Concreto en Estado Endurecido

Resistencia a la Compresión

Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Castillo, 1994).

La resistencia a la compresión de la briqueta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}; A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Donde

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto.

P : Carga de Rotura (kg)

ϕ : Diámetro de la briqueta cilíndrica (cm)

Los moldes para realizar estas briquetas de concreto deben ser de material impermeable, no absorbente y no reactivo con el cemento. Los moldes normalizados se construyen de acero. Eventualmente se utilizan de material plástico duro, de hojalata y de cartón parafinado.

Desarrollo de la Resistencia a Compresión del Concreto

Para obtener un concreto de buena calidad, después del mezclado le sigue un curado adecuado durante las primeras etapas de su endurecimiento.

En la tabla 9 se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días. (Harmsen, 1995).

Tabla 9: Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f_c(t)/f_c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: Blog 360° En Concreto

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE:

Tabla 10: Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del concreto a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta bajo una carga 175 Kg.	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Variable independiente

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución de ceniza de hojas de pino.	Es la sustitución de ceniza de hojas de pino en 15%, y 20% del cemento en el diseño de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$	porcentaje

Fuente: Elaboración propia

La hipótesis de esta investigación es: Cuando se sustituye el cemento en 15% y 20% del cemento por ceniza de hoja de pino “Pinus Radiata” mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

El objetivo general de esta investigación es: Determinar el efecto de la sustitución de 15% y 20% del cemento por ceniza de hoja de pino “Pinus Radiata” en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. Y objetivos específicos son:

Determinar la temperatura de calcinación de la ceniza de hoja de pino mediante análisis térmico diferencial.

Determinar la composición química de la ceniza de hoja de pino.

Determinar el grado de alcalinidad de la ceniza de hoja de pino, de la mezcla y del cemento.

Determinar la relación agua/cemento de la muestra patrón y experimental.

Determinar la resistencia de la muestra patrón y experimental y comparar resultados, con validez estadístico.

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

El tipo de la investigación es aplicada y explicativa, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados a la construcción, y explicativa porque se evaluará la resistencia que se logra cuando se sustituye un porcentaje de cemento por ceniza de hojas de pino.

Enfoque de Investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación).

Todos los experimentos cuantitativos utilizan un formato estándar, con algunas pequeñas diferencias inter-disciplinarias para generar una hipótesis que será probada o desmentida. Esta hipótesis debe ser demostrable por medios matemáticos y estadísticos y constituye la base alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

Diseño de la Investigación

La investigación tendrá un diseño experimental, ya que es un proceso en el cual se estudió el diseño convencional del concreto ($F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución parcial de ceniza de hojas de pino, el estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos; así mismo, el análisis térmico diferencial se realizó en la Universidad Nacional de Trujillo, para el caso de las pruebas químicas de la ceniza de hojas de pino, se realizaron en el laboratorio químico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Siendo el diseño de investigación el siguiente:

Tabla 12: *Diseño en bloque completo al azar*

Diseño en bloque completo al azar				
Días de curado	Resistencia a la compresión del concreto con la sustitución del cemento en % por la ceniza de hoja de pino			
	PATRÓN	15%	20%	
7	P1	E1	E10	
	P2	E2	E11	
	P3	E3	E12	
14	P1	E4	E13	
	P2	E5	E14	
	P3	E6	E15	
28	P1	E7	E16	
	P2	E8	E17	
	P3	E9	E18	

Fuente: Elaboración propia

Población y Muestra

Población

Conformado por las probetas de concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, que están elaborados con agregados de las canteras de Tacllan y con cemento “Sol” Tipo I.

Muestra

La muestra está constituida por un total de 27 probetas de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$:

- 9 probetas de concreto patrón para ser curadas con agua potable y obtener resultados de sus resistencias alcanzadas a los 7, 14 y 28 días.

- 9 probetas de concreto experimental con sustitución 15% de cemento por ceniza de hojas de pino, para ser curadas con agua potable y obtener resultados de sus resistencias alcanzadas a los 7, 14 y 28 días.
- 9 probetas de concreto experimental con sustitución 20% de cemento por ceniza de hojas de pino, para ser curadas con agua potable y obtener resultados de sus resistencias alcanzadas a los 7, 14 y 28 días.

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Tabla 13: Técnicas de Recolección de Información

Técnica	Instrumento
La observación	<ul style="list-style-type: none"> _ Guía de observación resumen. _ Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizarse.

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

Procesamiento y Análisis de la Información

Para el presente trabajo de investigación el procesamiento de datos se realizaron posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y SPSS.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente.

La recolección de hoja de pino es extraído del condominio “EL PINAR”, ubicado en la ciudad de Huaraz.

En el análisis de los materiales para determinar la temperatura de calcinación, de la ceniza de hoja de pino, primero se realizó el secado a temperatura ambiente y a cielo abierto, tomando una muestra se procedió a la incineración en un horno de barro para obtener una muestra de 1 gr. Previamente tamizada por la malla N° 200, para poder realizar el análisis térmico diferencial en el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo,

el análisis térmico diferencial se usó para poder obtener la temperatura de calcinación de nuestros materiales para poder activarlos térmicamente.

Para poder realizar el análisis químico de los materiales estudiados de la ceniza de hoja de pino y ya teniendo el material seco se procedió al prequemado en un horno de barro que serán activadas térmicamente en la mufla del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” a temperatura de 750C° con un promedio de 4 horas, además se activó mecánicamente tamizándolo por la malla N° 200 y se tomó una muestra de 30 gr. para poder realizar en análisis de composición química en el laboratorio de Arqueometría de la Universidad Mayor de San Marcos. El análisis de Fluorescencia de Rayos X determinará el porcentaje de óxidos para poder evaluar como influenciarán en la resistencia del concreto.

Ya contando con los materiales activados térmica y mecánicamente, se determinó el grado de alcalinidad (PH) del cemento, cenizas de hojas de pino y sus combinaciones para sustitución al 15% y 20%, el ensayo se realizó en el laboratorio la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNASAM.

Para el agregado se hizo la gradación según lo estipulado en la NTP 339.607 (2013) y los ensayos para determinar la calidad del agregado.

Se hizo el cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla del concreto patrón y concreto con sustitución al 15% y 20% de cemento por cenizas de hojas de pino.

Teniendo la dosificación de los materiales utilizados se buscó la relación A/C del concreto experimental a partir del ensayo del concreto patrón con una relación A/C de 0.660, según lo indicado en la NTP 334.051 (2013), dicho ensayo se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

La NTP 334.051 (2013) muestra los parámetros y procedimientos que sirvieron para la elaboración de las probetas, las cuales se realizaron en la Universidad San Pedro.

El ensayo de compresión de las probetas a edades de 7, 14 y 28 días se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

Con el análisis de los datos se elaboraron tablas y gráficos. Se calculó porcentajes y se realizó una prueba de hipótesis ANOVA.

III. RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en diversos laboratorios, se muestran a continuación:

Resultados de Análisis Térmico Diferencial

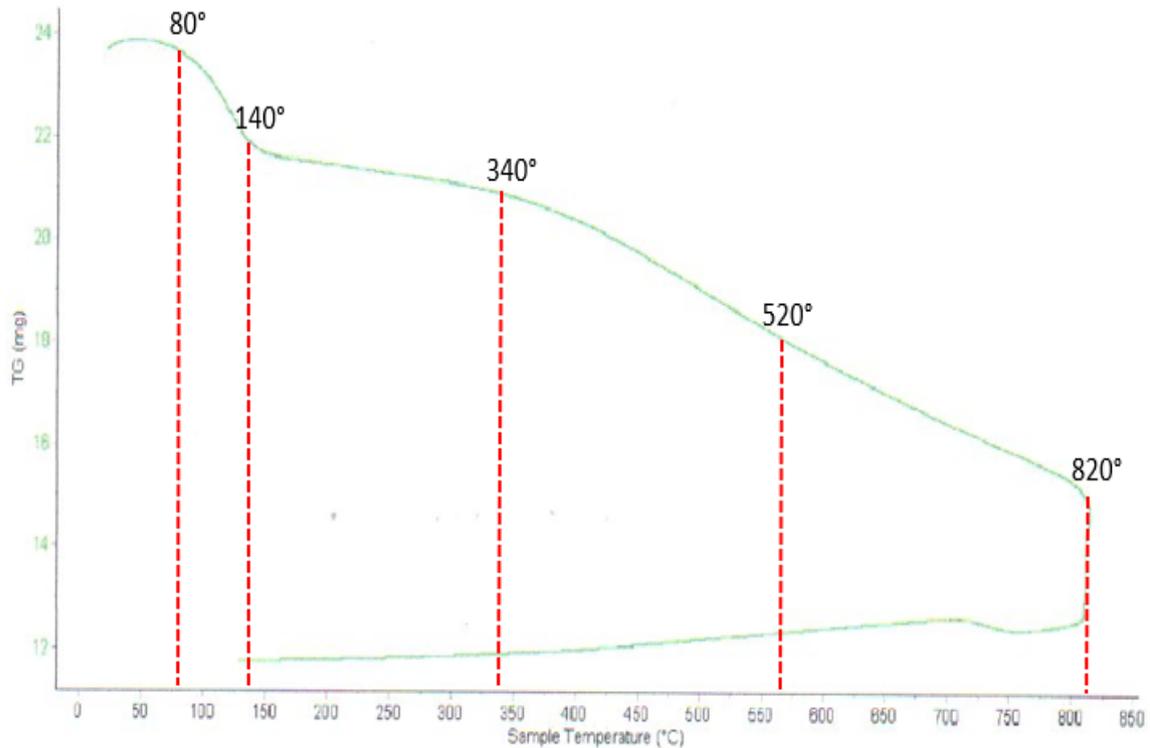


Figura 4: Análisis termo gravimétrico de ceniza de hoja de pino

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

En la gráfica se aprecia ligeras pérdidas de masa, el primero alrededor de los 80°C, debido a que se presenta pérdida de agua a causa de la evaporación de la misma, asimismo, podemos notar que logra mantenerse casi constante en el punto 340°C hasta 520°C, donde el material empieza a degradarse, causando una pérdida de masa mucho más lenta hasta el punto 820°C

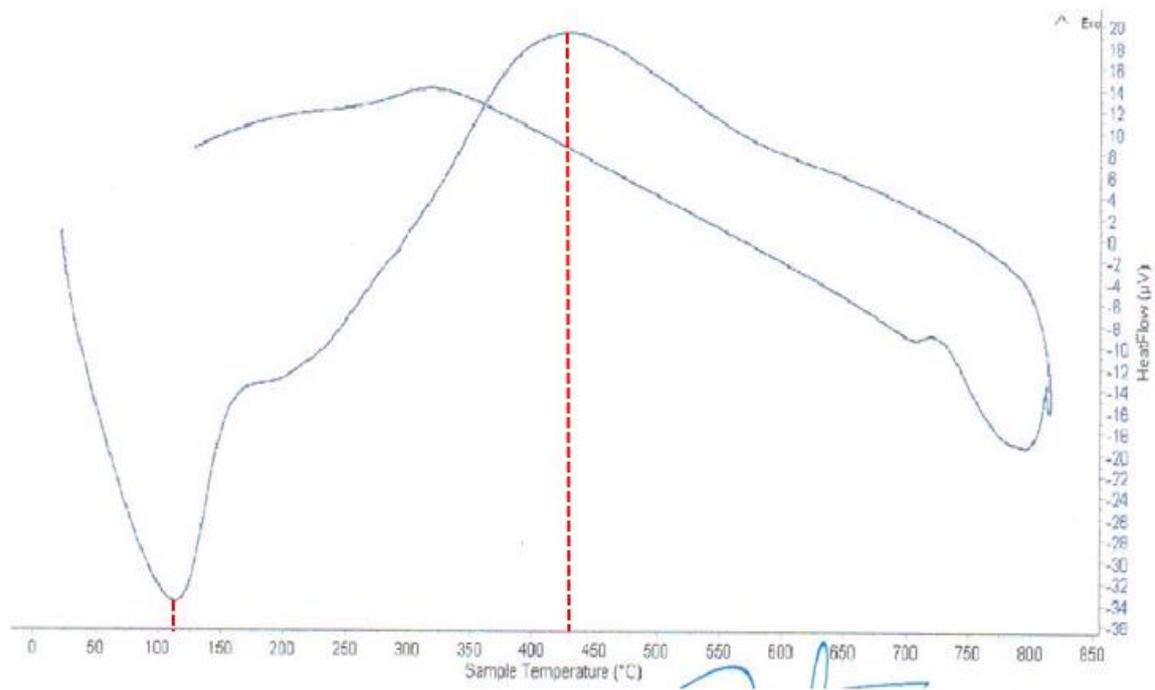


Figura 5: Curva calorimétrica DSC de ceniza de hoja de pino

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

El gráfico demuestra un pico endotérmico aproximadamente a 110°C, el cual indicaría que está absorbiendo calor y produciendo un cambio en la capacidad calorífica, manifestándose así el calentamiento. Como consecuencia de ello, se producirá evaporación y una transición térmica alrededor de los 430° C, donde descarga energía y se produce un proceso de oxidación.

Caracterización Química

Tabla 14: Resultado De Fluorescencia De Rayos X de las cenizas de hojas de pino

Composición química	Resultados (%)	Método utilizado
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	22.586	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos x
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	20.039	
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	14.816	
Sulfur Dioxide (SO ₂)	3.407	
Dioxido de Cloro (ClO ₂)	0.583	
óxido de Potasio (K ₂ O)	10.600	
óxido de Calcio (CaO)	29.737	
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.392	
óxido de Vanadio (V ₂ O ₅)	0.024	
óxido Crómico (Cr ₂ O ₃)	0.003	
óxido de Manganeso (MnO)	9.463	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	8.549	
óxido Niquélico (Ni ₂ O ₃)	0.023	
óxido de Cobre (CuO)	0.044	
óxido de Zinc (ZnO)	0.205	
óxido de Rubidio (Rb ₂ O)	0.004	
óxido de Estroncio (SrO)	0.016	
Pentóxido de Vanadio (V ₂ O ₅)	0.002	
Dioxido de Zirconio (ZrO ₂)	0.015	
óxido de Bario (BaO)	0.098	

Fuente: Laboratorio de química de la UNI

Espectrómetro de fluorescencia de rayos x Shimadzu “edx” 800 hs Este equipo emplea una técnica de análisis no destructivo permitiendo la medida de una amplia variedad de tipos de muestras (sólidas, polvos, líquidos y films). La espectrometría de fluorescencia de rayos-X consiste en analizar la radiación X característica generada por una muestra al ser ésta irradiada con rayos-X emitido desde un tubo de rayos X, esta información es única para cada tipo de elemento químico detectado. El equipo EDX-800HS permite una alta resolución espectral con su detector de Si (Li), siendo detectados, en un barrido completo, elementos desde el sodio (Na) al Uranio (U) con un límite de detección de 0.002% (20ppm) en un tiempo estimado de 200 segundos por cada muestra, siendo el porcentaje de error del equipo ± 0.02 .

Potencial Hidrogeno

Tabla 15: Ph Del Cemento, Ceniza De Hoja De Pino Y Sus Combinaciones

Muestra	PH
Cemento	12.15
Ceniza de hoja de pino	10.97
cemento +15% ceniza de hoja de pino	12.02
cemento +20% ceniza de hoja de pino	11.9

Fuente: Facultad de ciencias agrarias UNASAM

Características Del Agregado

Tabla 16: Análisis granulométrico arena

N° mallas	Pesos retenido (g)	Arena manufacturada			Arena manufacturada (%)
		% retenido	% retenido acumulado	% pasa	
3/8"	0	0	0	100	100
# 4	312	19.18	19.18	80.82	70 _ 90
# 8	274	16.84	36.02	63.98	45 _ 70
# 16	225	13.83	49.85	50.15	28 _ 50
# 30	246	15.12	64.97	35.03	19 _ 34
# 50	280	17.21	82.18	17.82	12 _ 28
# 100	161	9.9	92.07	7.93	7 _ 18
# 200	42	2.58	94.65	5.35	5 _ 15
PLATO	87	5.35	100	0	-
TOTAL	1627	100			
Tamaño Máximo Nominal:		1"			
Humedad:		0.46%			
Total:		1627 g			
Módulo de Finura		3.4			

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

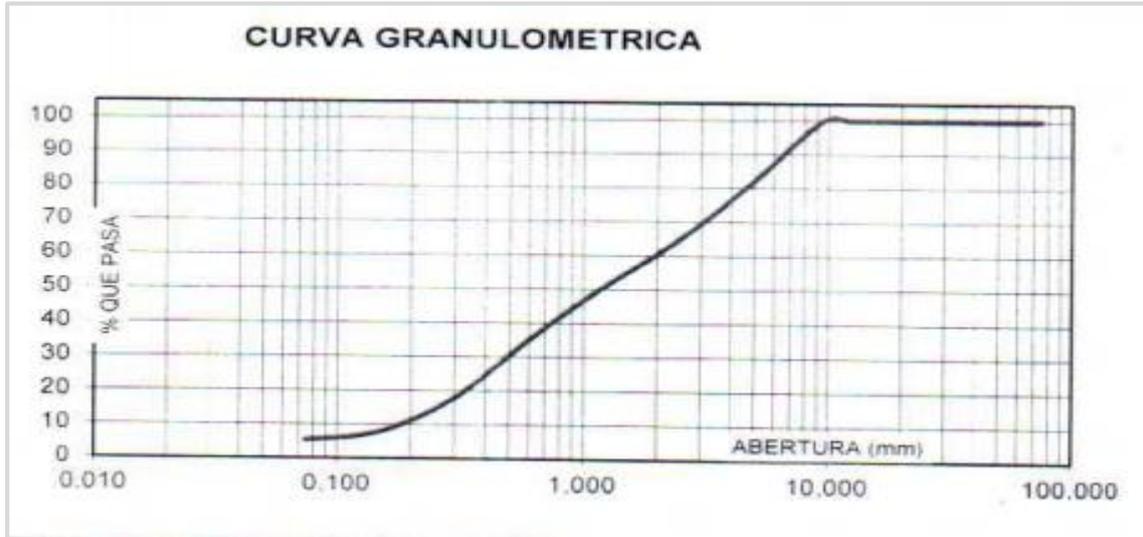


Figura 6: Análisis granulométrico del agregado fino (ASTM C 136-06)

Tabla 17: Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216)

Prueba N°	5	11
Tara + suelo húmedo (gr)	875.0	922.0
Tara + suelo seco (gr)	843.5	889.1
Peso del agua (gr)	31.5	32.9
Peso de la tara (gr)	165.6	169.1
Peso del suelo seco (gr)	677.9	720.0
Contenido de humedad (%)	4.65	4.57
Prom. Contenido humedad (%)	4.61	

Tabla 18: Gravedad Especifica Y Absorción Agregado Fino (Según Norma ASTM- 127)

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300
B	Peso de picnómetro + agua	gr.	670.7
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm ³	970.7
D	Peso de picnómetro + agua + material	gr.	857.7
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm ³	113.0
F	Peso de material seco en estufa	gr.	296.9
G	Volumen de masa (E-(A-F))		-109.9
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.63
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.65
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	-2.7
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)		0.57

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 19: Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino

Ensayo n°	1	2	3
Peso de molde + muestra (g)	7931	7944	7935
Peso de molde (g)	3426	3426	3426
Peso de muestra (g)	4505	4518	4509
Volumen de molde (cm ³)	2776	2776	2776
Peso unitario (kg /m ³)	1623	1628	1624
Peso unitario promedio (kg /m ³)		1625	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 20: Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino

Ensayo n°	1	2	3
Peso de molde + muestra (g)	8339	8354	8356
Peso de molde (g)	3426	3426	3456
Peso de muestra (g)	4913	4928	4930
Volumen de molde (cm ³)	2776	2776	2776
Peso unitario (kg /m ³)	1770	11775	1776
Peso unitario promedio (kg /m ³)		1774	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 21: Análisis granulométrico grava

N° mallas	grava manufacturada			
	Pesos retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
1 1/2"	0	0	0	100
1"	1208	11.08	11.08	88.92
3/4"	4694	43.04	54.11	45.89
1/2"	3178	29.14	83.25	16.75
3/8"	782	7.17	90.42	9.58
1/4"	761	6.98	97.40	2.60
N° 4	198	1.82	99.21	0.79
N° 8	86	0.79	100	0
PLATO	0	0	100	0
TOTAL	10907	100		
Tamaño Máximo Nominal:		1"		
Humedad:		0.46%		
Total:		10907	g	
Módulo de Finura		7.41		

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

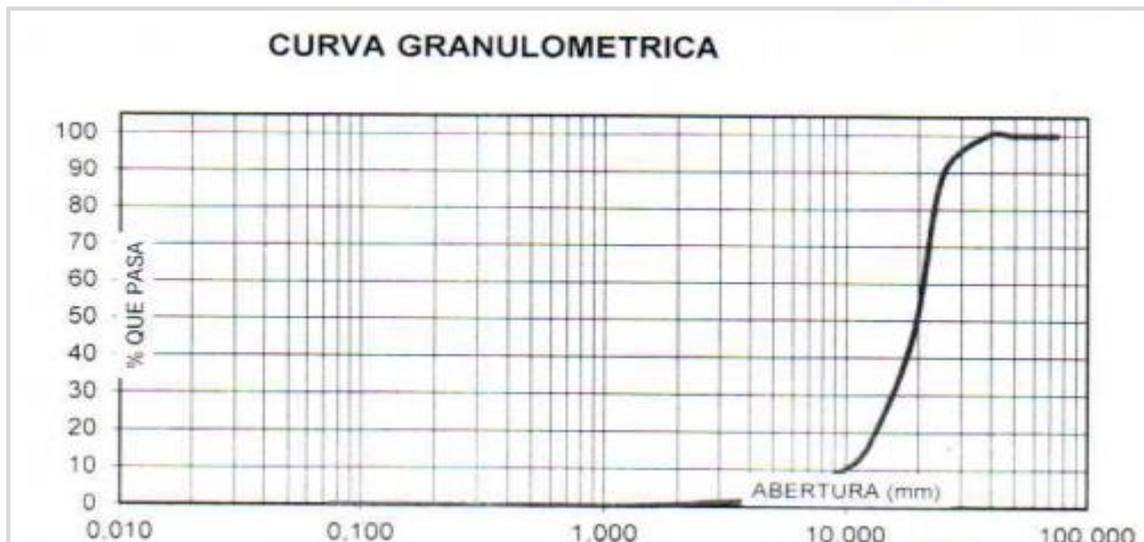


Figura 7: Análisis granulométrico del agregado grava (ASTM C 136-06)

Tabla 22: Contenido de humedad agregado grueso (ASTM D-2216)

Prueba N°	6	12
Tara + suelo húmedo (gr)	1269.5	1269.6
Tara + suelo seco (gr)	1264.0	1265.0
Peso del agua (gr)	5.5	4,6
Peso de la tara (gr)	164.1	167.9
Peso del suelo seco (gr)	1099.9	1097.1
Contenido de humedad (%)	0.5	0.4
Prom. Contenido humedad (%)	0.46	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 23: Gravedad Especifica Y Absorción Agregado Grueso (Según Norma STMC-127)

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	1090.8	1090.4	1091.0
B	peso de materia saturado superficialmente seco (agua) gr.	685.3	685.0	686.0
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B) cm ³	405.5	405.4	405.0
D	Peso de material seco en El horno gr.	1082.0	1081.5	1082.3
E	Volumen de masa (E-(A-F))	396.7	396.5	396.3
F	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.67	2.67	2.67
G	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.69	2.69	2.69
H	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.73	2.73	2.73
I	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.81		

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 24: *Peso Unitario Suelto Del Agregado Grueso*

Ensayo n°	1	2	3
Peso de molde + muestra (g)	21115	21220	21235
Peso de molde (g)	5310	5310	5310
Peso de muestra (g)	15805	15910	15925
Volumen de molde (cm ³)	9341	9341	9341
Peso unitario (kg /m ³)	1692	1703	1705
Peso unitario promedio (kg /m ³)	1700		

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 25: *Peso Unitario Compactado Del Agregado Grueso*

Ensayo n°	1	2	3
Peso de molde + muestra (g)	21360	21390	21385
Peso de molde (g)	5310	5310	5310
Peso de muestra (g)	16050	16080	16075
Volumen de molde (cm ³)	9341	9341	9341
Peso unitario (kg /m ³)	1718	1721	1721
Peso unitario promedio (kg /m ³)	1720		

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Peso específico de la ceniza de hoja de pino

Tabla 26: *Peso específico de la ceniza*

Peso de material	50	gramos
Vol. Desplazamiento	25,2	gramos Cm ³
Peso específico	$D = P/V = 500/185$	
Peso específico arcilla	1.98	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Para elaborar las muestras del concreto patrón y experimental se realizaron en tres tandas para obtener las 9 muestras de concreto para ser ensayadas a 7, 14 y 28 días

Dosificación de materiales

Tabla 27: Método por peso equivalente: 100.00% de cemento + 00% de ceniza de hoj
características de los materiales

Descripción	Cemento y ceniza de hoja de pino		
	P.E.	Peso	%Cont.
Cemento	3.11	42.5 kg/bol	100%
Ceniza de hoja de pino	0		0%

Descripción	Unidad	Agregados	
		Fino	Grueso
Tamaño máximo	pulg	N°4	3/4"
Peso específico	gr/cm3	2.66	2.7
Peso unitario suelto	gr/cm3	1625	1700
peso unitario compactado	gr/cm3	1774	1720
Contenido de humedad	%	4.61	0.46
Porcentaje de Absorción	%	1.04	0.81
Módulo de fineza		3.4	7.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 : Resumen de diseño patrón

Descripción	Volumen Absoluto	Pesos Secos/m3	Humedad	Pesos kg/m3	Proporción
Cemento	0.81	253.33		253.33	1
Ceniza de hoja de pino	0.00	0.00		0.00	0.00
Agregado fino	0.28	747.6	3.57%	782.08	2.70
Agregado Grueso	0.43	1154.2	-0.35%	1159.52	3.99
Agua	0.19	190		167.35	0.66
Aire	0.02				
Total Pesos KG/M3			-3.22%	2362.28	
Relación a/c Efectiva	0.66				

Fuente: Elaboración propia

La relación $(a/(c+cv))$ se obtiene partiendo de la relación a/c obtenida según el acápite anterior, para esto el ACI recomienda el uso de equivalencias en peso. (Bolívar, 2006).

$$\frac{a}{c+cv} = \frac{a}{c} \quad \text{Equivalencia en peso}$$

Teniendo en cuenta que para el concreto patrón utilizando cemento Portland la relación A/C=0.66. En base al porcentaje de concreto patrón se busca el porcentaje del concreto experimental es de 0.80 y 0.83, resultados mayores a la del concreto patrón.

Tabla 29: Método por peso equivalente: 85.00% de cemento + 15.00% de ceniza de hoja características de los materiales

Descripción	Cemento y ceniza de hoja de pino		
	P.E.	Peso	% Cont.
Cemento	3.11	42.5 kg/bol	100%
Ceniza de hoja de pino	1.98		15%

Descripción	Unidad	Agregados	
		Fino	Grueso
Tamaño máximo	Pulg	N°4	3/4"
Peso específico	gr/cm3	2.66	2.7
Peso unitario suelto	gr/cm3	1625	1700
peso unitario compactado	gr/cm3	1774	1720
Contenido de humedad	%	4.61	0.46
Porcentaje de Absorción	%	1.04	0.81
Módulo de fineza		3.4	7.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Resumen de diseño 15% de sustitución

Descripción	Volumen Absoluto	Pesos Secos/m3	Humedad	Pesos kg/m3	Proporción
Cemento	0.069	215.33		215.33	1.00
Ceniza de hoja de pino	0.110	38.00		38.00	0.18
Agregado fino	0.185	490.80	3.57%	513.46	2.38
Agregado Grueso	0.427	1154.20	-0.35%	1159.52	5.38
Agua	0.190	190.00		167.35	0.80
Aire	0.020				
Total Pesos KG/M3			-3.22%	2093.66	
Relación a/c Efectiva	0.66				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Método por peso equivalente: 90.00% de cemento +20.00% de ceniza de hoja de pino características de los materiales

Descripción	Cemento y ceniza de hoja de pino		
	P.E.	Peso	% Cont.
Cemento	3.11	42.5 kg/bol	100%
Ceniza de hoja de pino	1.98		20%

Descripción	Unidad	Agregados	
		Fino	Grueso
Tamaño máximo	Pulg	N°4	3/4"
Peso específico	gr/cm3	2.66	2.7
Peso unitario suelto	gr/cm3	1625	1700
peso unitario compactado	gr/cm3	1774	1720
Contenido de humedad	%	4.61	0.46
Porcentaje de Absorción	%	1.04	0.81
Módulo de fineza		3.4	7.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Resumen de diseño 20% de sustitución

Descripción	Volumen Absoluto	Pesos Secos/m3	Humedad	Pesos kg/m3	Proporción
Cemento	0.065	202.66		202.66	1.00
Ceniza de hoja de pino	0.026	50.67		50.67	0.25
Agregado fino	0.272	722.88	3.57%	756.20	3.73
Agregado Grueso	0.427	1154.20	-0.35%	1159.52	5.72
Agua	0.190	190.00		167.35	0.83
Aire	0.020				
Total Pesos KG/M3			-3.22%	2336.40	
Relación a/c Efectiva	0.66				

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la Compresion

Tabla 33: *Ensayo de resistencia a compresión patrón*

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP		FECHA	EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	131.81	75.32
2	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	130.33	74.48
3	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	135.54	77.45
4	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	152.46	87.12
5	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	149.01	85.15
6	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	152.29	87.02
7	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	175.16	100.09
8	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	181.66	103.81
9	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	175.44	100.25

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 34: Ensayo de resistencia a compresión 15% de sustitución

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	80%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	113.9	65.1
2	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	123.5	70.6
3	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	113.4	64.8
4	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	141.4	80.8
5	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	152.4	87.1
6	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	160.2	91.6
7	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	182.6	104.4
8	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	180.2	103.0
9	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	169.6	96.9

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 35: *Ensayo de resistencia a compresión 20% de sustitución*

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	97.6	55.8
2	85%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	102.2	58.4
3	85%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	88.7	50.7
4	85%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	140.5	80.3
5	85%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	113.1	64.6
6	85%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	154.4	88.3
7	85%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	159.0	90.9
8	85%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	169.4	96.8
9	85%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	170.0	97.1

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 36: Resistencia a la compresión 100%(Cemento)+0%(Ceniza de hoja de Pino)

Edad (días)	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm ²)	Fuerza	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Promedio de Resistencia (kg/cm ²)	% de resistencia	% de resistencia a que debe de alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% promedio de resistencia
7	175	23290	131.81		75.32	70-85	-9.68	
7	175	23030	130.33	132.56	74.48	70-85	-10.53	75.75
7	175	23950	135.54		77.45	70-85	-7.55	
14	175	26940	152.46		87.12	85-95	-7.88	
14	175	26330	149.01	151.25	85.15	85-95	-9.85	86.43
14	175	26910	152.29		87.02	85-95	-7.98	
28	175	30950	175.16		100.09	100	-19.91	
28	175	32100	181.66	177.42	103.81	100	-16.19	101.38
28	175	31000	175.44		100.25	100	-19.75	

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el análisis de lo ocurrido en la mezcla del concreto sin adiciones de ceniza de hoja de pino se observa que la resistencia a la compresión de este es de forma favorable con un ligero 1.38% incremento de la resistencia deseada, con lo que se comprueba el correcto uso del diseño de mezclas por el método ACI.

Tabla 37: Resistencia a la compresión 85%(Cemento)+15%(Ceniza de hoja de Pino)

Edad (días)	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm ²)	Fuerza	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Promedio de Resistencia (kg/cm ²)	% de resistencia	% de resistencia a que debe de alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% promedio de resistencia
7	175	20120	113.86		65.06	70-85	-19.94	
7	175	21820	123.48	116.90	70.56	70-85	-14.44	66.80
7	175	20030	113.35		64.77	70-85	-20.23	
14	175	24990	141.42		80.81	85-95	-14.19	
14	175	26930	152.40	151.34	87.09	85-95	-7.91	86.48
14	175	28310	160.21		91.55	85-95	-3.45	
28	175	32270	182.62		104.35	100-120	-15.65	
28	175	31840	180.18	177.47	102.96	100-120	-17.04	101.41
28	175	29970	169.60		96.91	100-120	-23.09	

Fuente: Elaboracion propia

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 15% como sustituto del cemento, se observa un ligero incremento de resistencia a los 28 días, pero aun así se aprecia que el valor obtenido todavía está sobre la resistencia deseada a los 28 días.

Tabla 38: Resistencia a la compresión 80%(Cemento)+20%(Ceniza de hoja de Pino)

Edad (días)	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm2)	Fuerza	Resistencia compresión (kg/cm2)	Promedio de Resistencia (kg/cm2)	% de resistencia	% de resistencia a que debe de alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% promedio de resistencia
7	175	17240	97.56		55.75	70.85	-15.1	
7	175	18060	102.20	96.16	58.40	70.85	-12.45	54.95
7	175	15680	88.73		50.70	70.85	-20.15	
14	175	24820	140.46		80.26	85-95	-14.74	
14	175	19980	113.07	135.99	64.61	85-95	-30.39	77.71
14	175	27290	154.43		88.25	85-95	-6.75	
28	175	28100	159.02		90.88	100-120	-29.12	
28	175	29940	169.43	166.15	96.82	100-120	-23.18	94.95
28	175	30040	170.00		97.14	100-120	-22.86	

Fuente: Elaboracion propia

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 20% como sustituto del cemento, se observa un descenso mínimo de resistencia a los 28 días.

Tabla 39: Resumen de resultados de ensayos de Trabajabilidad

Cemento	Ceniza de hoja de pino	Asentamiento promedio (pulga)	% de trabajabilidad	% disminución trabajabilidad
100%	0	1.8"	100%	0%
85%	15%	1.2"	92%	7%
80%	20%	0.7"	74%	25.80%

Fuente: Elaboracion propia

El asentamiento de diseño fue de 1" a 2", considerando así a la mezcla con consistencia plástica, además se trabajó con una misma cantidad de agua para todos los tipos de concreto.

Se evaluó la trabajabilidad con base en la prueba de revenimiento en el cono de Abrahams, ASTM C 143.

Tabla 40: Resistencia a la compresión promedio obtenido

Concreto con:		Resistencia a la compresión a 175 kg/cm ²					
Cemento	Ceniza de hoja de pino	7		14		28	
		kg/cm ²	%	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%
Resistencia teórica ->							
100%	0.00%	132.56	75.75	151.25	86.43	177.42	101.38
85%	15%	116.90	66.80	151.34	86.48	177.47	101.41
80%	20%	96.16	54.95	135.99	77.71	166.15	94.95

Fuente: Elaboración propia

En conclusion, se obtuvo buen resultado en la sustitucion del 15% mientras con la susticion del 20%, se observa un desenso minimo de la resistencia a la compresión del concreto, ya que se logro en un 0.03% y en un 6.43% en las sustituciones de 15 y 20 % respectivamente.

Ensayos de compresión (kg/cm²) de concreto patrón y experimentales con 15 % y 20 % de sustitución.

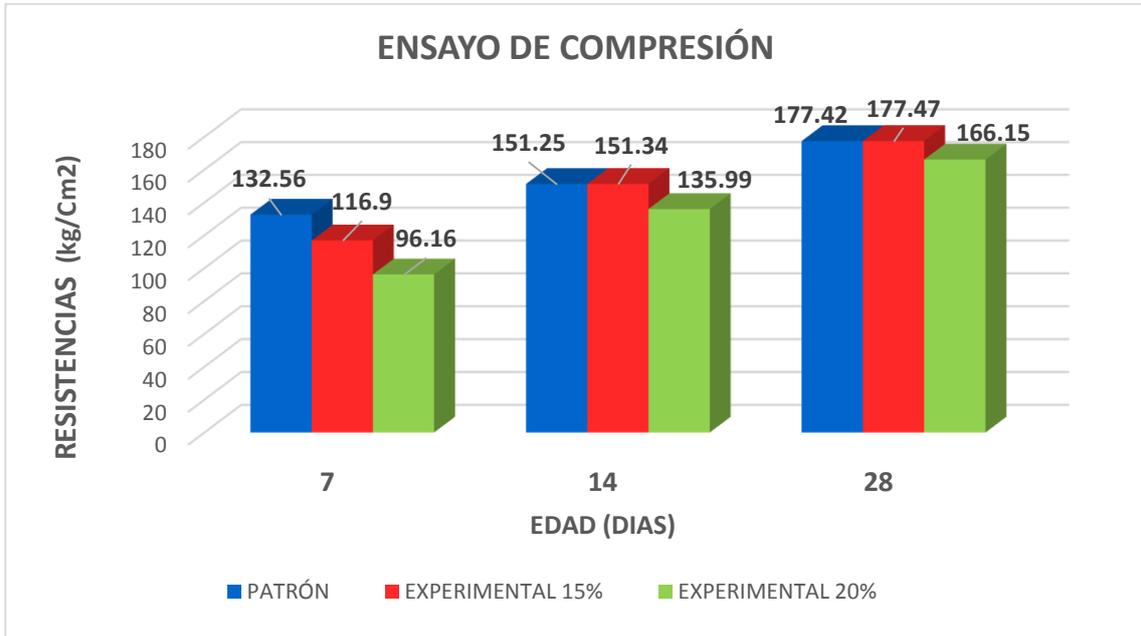


Figura 8: Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

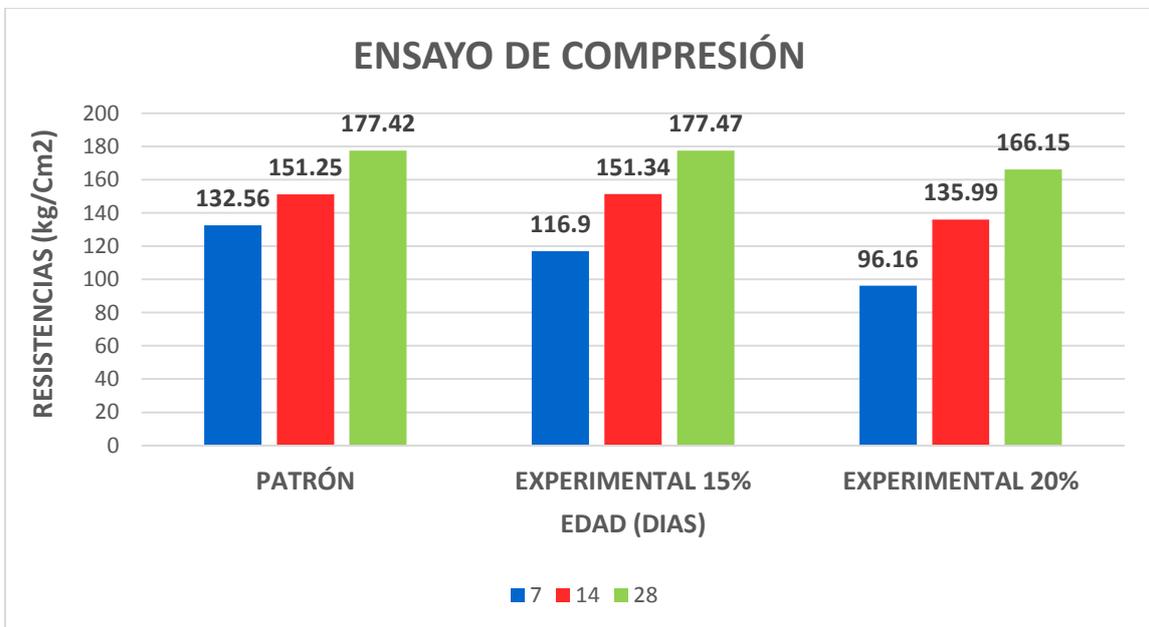


Figura 9: Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Ensayos de compresión (kg/cm²) de concretos patrón y experimentales con 15% y 20% de sustitución

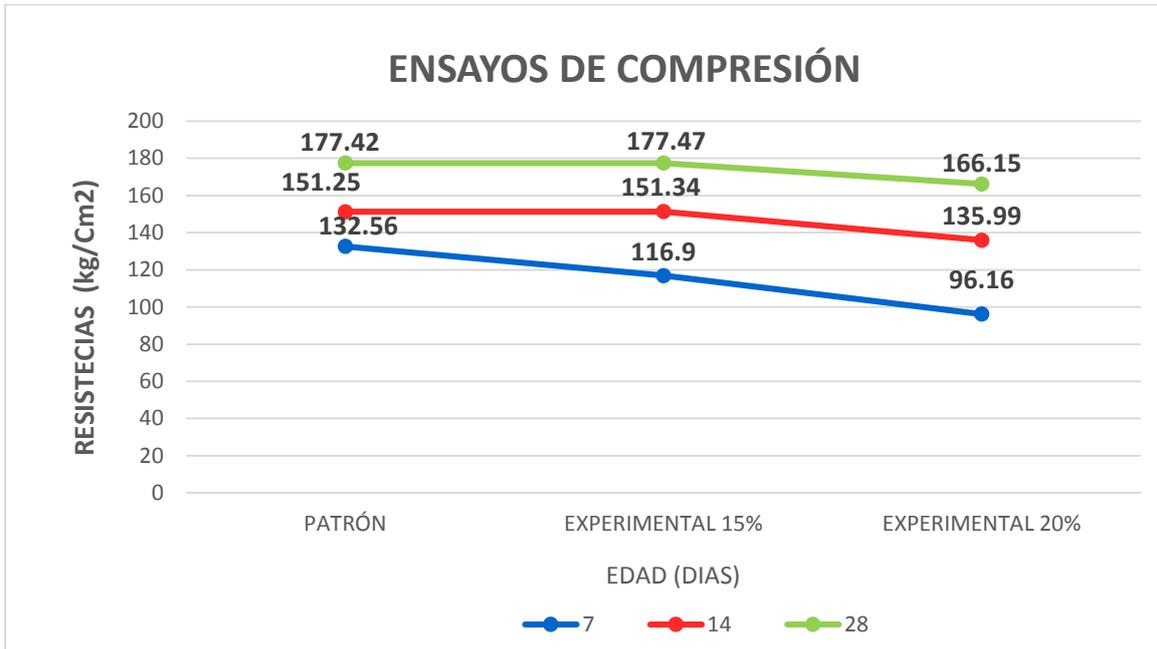


Figura 10: Resistencia a la Compresión Vs. Edad

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

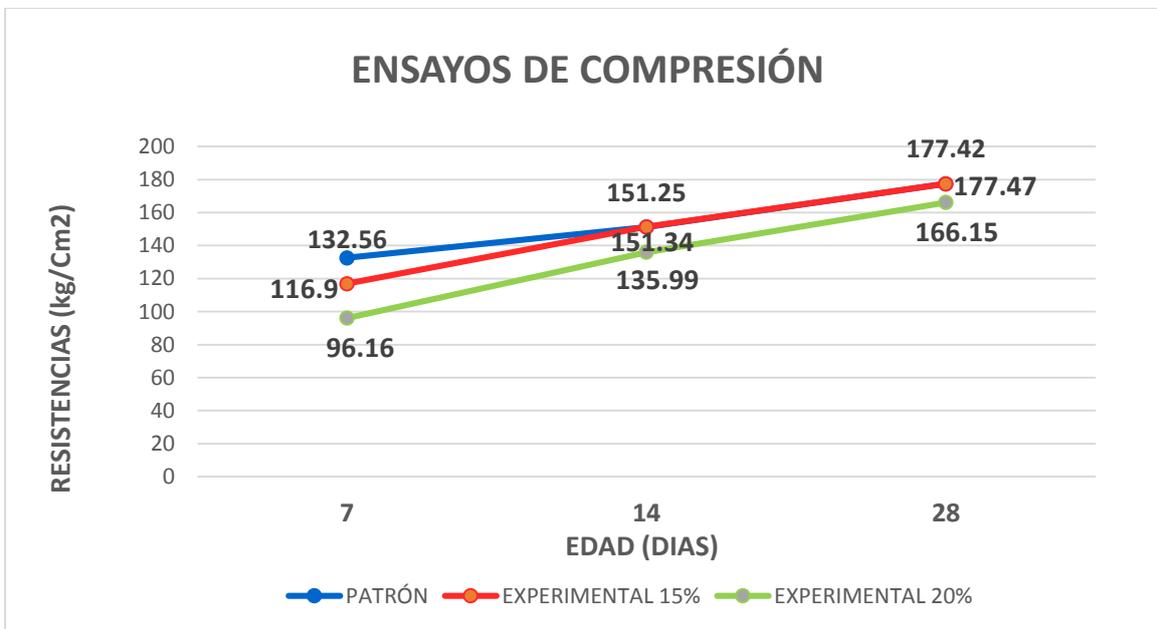


Figura 11: Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 41: Resistencia a la compresión de las probetas según los porcentajes de ceniza de hoja de pino y el tiempo de curado

Tiempo de curado	Porcentaje de ceniza		
	0% de Ceniza	15% de Ceniza	20% de Ceniza
7 días	132.56	116.90	96.16
14 días	151.24	151.34	135.99
28 días	177.42	177.46	166.15
Promedio	153.74	148.57	132.77
Desv. Estándar	22.53	30.38	35.10
CV	15%	20%	26%

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio

Elaboración: Propia

Luego de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $\rho > 0.05$, para cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas con el test de Levene ($\rho = 0.071 > 0.05$) de las resistencias a la fuerza de compresión obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento (uso de ceniza de hoja de pino) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 42: Calculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto

Origen	Suma de cuadros	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje de ceniza	2,149.70	2	1074.80	11.72	0.000
Tiempo de curado	15,403.90	2	7701.96	83.98	0.000
Error	2,017.80	22	91.70		
Total	19,571.40	26			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio

Elaboración: Propia

En la tabla N°25 se puede visualizar que para el tipo de curado el ρ - valua (Sig.) $< \alpha$ ($\rho = 0.000 < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales). Por lo que, podemos concluir que con nivel de 5% de significancia medias kg/cm² en las probetas de concreto, elaboración con 0% de ceniza (100% de cemento) y los que fueron elaborados con un porcentaje de ceniza (15% y 20%) son diferentes; es decir, existe una diferencia significativa entre las cantidades medias de las resistencias a la compresión en las probetas de concreto.

También se tienen que para los días de curado p - valua $< \alpha$ ($p= 0.000 < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencias de los días de curado.

Tabla 43: *Calculo de la prueba de Dunca para verificar cuál de las resistencias medias de las probetas es diferente*

Porcentaje de ceniza de hoja de pino	Subconjunto para alfa = 0.05	
	1	2
20% de ceniza	132.78	
15% de ceniza		148.57
0% de ceniza		153.74

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio

Elaboración: Propia

En la tabla N°25 y N°26, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las probetas de concreto que tienen mayor resistencia a la compresión corresponde a los que no usa ceniza (patrón) de hoja de pino (0% de ceniza) y los que solo usaron el 15% de ceniza; asimismo, si observamos la resistencia media de las probetas de concreto elaborado con un 20% de ceniza de hoja de pino, tiene una menor resistencia.

Tabla 44: *Comparaciones de todas las medidas de tratamientos con un control o testigo*

	0% de ceniza	15% de ceniza	20% de ceniza
	153.74	148.57	132.77
a			
b			

Fuente: Elaboración propia

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Hernández, Álvarez & Montes (2009) analizó el material objeto de su investigación en 105°C durante 24 horas para el caso de las conchas de coco y para el de las hojas de pino, secados al sol durante un lapso de 02 horas, tomando como antecedente lo antes mencionado, lograron un porcentaje de 62.67% entre la suma de óxidos mayores para la cenizas de hojas de pino y obtuvo un 10.59% de CAO, con lo cual se podría decir que quedó clasificado como puzolana clase C, si se hubiese disminuido las perdidas por calcinación al (12.77%) a menos de 6%, se hubiese podido alcanzar si se mejora el porcentaje de quemado. En términos generales los porcentajes de los principales óxidos de la ceniza de hojas de pino fueron adecuados de acuerdo a los requerimientos de la norma ASTM C 618.25, cabe resaltar entonces, que uno de los materiales utilizados por dicho autor (hojas de pino) es la misma procedencia del que se analizó en esta investigación. Al calcinar el material utilizado en esta investigación, cenizas de hojas de pino, a una temperatura de 750°C por un lapso de 4 horas, se obtuvo la suma de óxidos mayores del material objeto de estudio de esta investigación de un 51.174% y se obtuvo un 29.737% de CaO, con lo cual podemos deducir que este se clasificara como puzolana clase C. En términos generales, podemos deducir que los principales óxidos de la ceniza de hoja de pino fueron adecuados de acuerdo a los requerimientos de la norma ASTM C618-05. Por otro lado se encontró 10.600% K₂O según su % de masa en la CHP, mientras que Hernández, Álvarez & Montes (2009), solo un 1.48% de K₂O según su % de masa en la CHP, este incremento en el K₂O se debe al mayor uso de pesticidas. Es importante mencionar que porcentajes muy altos de este álcali parecen afectar la resistencia a la compresión, aunque no es posible asegurarlo, ya que este fenómeno no se ha estudiado en detalle. Por lo que la tendencia que se observa es simplemente disminuir las cantidades presentes del mismo en las puzolanas.

De los ensayos realizados, se puede mencionar.

De la figura 4, según el análisis térmico gravimétrico se percibe una pérdida ligera de una masa desde 80 hasta 120 C°, posteriormente se percibe una pérdida progresiva y lenta. En todo el rango de temperatura analizado pierde un aproximado de 55% de su masa inicial.

El la figura 5, demuestra un pico endotérmico aproximadamente a 110°C, el cual indicaría que está absorbiendo calor y produciendo un cambio en la capacidad calorífica, manifestándose así el calentamiento. Como consecuencia de ello, se producirá evaporación con un pico exotermico a aproximadamente 430°C, donde descarga energía y se produce un proceso de oxidación, asimismo, podría representar alguna modificación estructural o de fase en el material.

En la tabla N°12, expresa que las cenizas de hoja de pino tiene dentro de sus componentes químicos más importantes a los óxidos de silicio en 20.039%, aluminio en 22.586 % , hierro en 8.549% y calcio(CaO) en 29.737% , estos valores permiten estimar la actividad puzolánica de este material bajo el estándar de la ASTM C 618 , el cual menciona que la suma de los óxidos de silicio , aluminio y hierro deben superar el 50 % para que un material pueda considerarse como un material puzolánico de clase C, en este caso la suma porcentuales de los óxidos es de 51.174%. Asimismo, el óxido de potasio se encuentra en un 10.600% reaccionaría con algunos compuestos presentes en el agregado, dando origen a la expansión del concreto.

En la tabla N° 13, se expresa el PH de los materiales utilizados como las cenizas de hojas de pino con un valor de 10.90, el cemento 12.15, las combinaciones de 15% de sustitución con 12.02 de PH y 20% con 11.90, manifestando valores alcalinos que permitirán la reacción con el cemento para poder alcanzar las resistencias óptimas deseables, ya que debemos tener en cuenta que la activación alcalina de materiales silicoaluminosos con disoluciones fuertemente alcalinas tras un corto periodo de curado permiten obtener un material con buenas propiedades cementantes. Según el manual de inspecciones técnicas de edificios el cemento portland tiene un PH entre 12,6 a 14, las muestras obtenidas del PH es calificado como extremadamente alcalina; el cual es favorable al mantener un material extremadamente alcalina, lo que ayudará a mejorar la resistencia del concreto.

En la figura N°11, De acuerdo con los resultados de los ensayos realizados, se pudo observar que la adición de la ceniza de hoja de pino supero en un mínimo al patrón con un 15 %, todo lo contrario que decayó en un mínimo con un porcentaje de 20% a la resistencia a la comprensión esperada. Debido a la mezcla patrón alcanzo 101.38% de la resistencia a compresión, con la adición de la ceniza de hoja de pino por cemento en 15% llego a un 101.41% aumentando en 0.03% de la resistencia a compresión a 28 días de su curado,

con la adición de la ceniza de hoja de pino por cemento en 20% llego a un 94.95% disminuyendo en 6.43% de la resistencia a comprensión a 28 días de su curado.

De la Tabla N° 42, Podemos decir estadísticamente por el ensayo de Turkey la sustitución del 15% es semejante al patrón mientras que el 20% decae en un mínimo al del patrón lo cual nos indica que la combinación al 15% podría ser usado como una sustitución al cemento.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

Se obtuvo térmicamente las cenizas de hoja de pino a 750°C por 4 horas en promedio, que es una temperatura óptima debido al cambio de fase producto de ello se producirán óxidos deseados.

La composición química de la ceniza de hoja de pino, indica su potencial como puzolana de clase C, ya que la suma de los principales óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) contiene un 51.174% y obtuvo un 29.737% de CaO, así como de componentes puzolámicos en concordancia con la norma ASTM C- 618.

Las muestras son extremadamente alcalinas, resultado similar a la del cemento, obteniéndose así las combinaciones del 15% a 12.02 y 20% a 11.90.

Mediante el resultado de peso específico arcilla de la ceniza de hojas de pino, se obtuvo 1.98 kg/cm³, el cual paso a ser tamizado por una malla N°200, y de acuerdo a sus experimentales, se obtuvo una relación Agua/Cemento equivalente al patrón.

Al hacer uso de la ceniza de hoja de pino como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico Tipo I se ha obtenido resistencias con variaciones, superando en un mínimo en 0.03% (con 15% de ceniza) y decayendo en un mínimo en 6.43% (con 20% de ceniza), con respecto a un concreto convencional (sin cenizas de hoja de pino) a la edad de 28 días; para este concreto, las adiciones de ceniza fueron de 15% y 20% del peso del cemento portland puzolánico Tipo I.

Recomendaciones:

Con respecto a la aplicación del concreto con cenizas de hoja de pino, se recomienda realizar el uso entre 15% en sustitución del cemento portland puzolánico Tipo I para mezclas de concreto, y tener en cuenta la disminución mínima en un porcentaje de 20% a más.

Dar más énfasis e importancia a las investigaciones con el uso de desechos agroindustriales para la construcción ya que es una gran alternativa de uso en mezclas de concreto, siempre y cuando cumplan con las exigencias de la norma ASTM C618-03.

Poner en práctica la sustitución del cemento por algunas puzolanas, como en el caso de la investigación (cenizas) la cual se asemeje a las características tanto físicas como químicas al cemento.

Para comprobar que es un material que sigue ganando resistencia, se debe alargar las edades de curado en 60, 120 días.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCA. (2003). *Fly ash facts for highway engineers*. American coal ash association .
- Bolivar, G. (2006). *Dosificación de Mezclas de Hormigón*. Universidad Nacional de Colombia , Medellín. Obtenido de <http://www.unalmed.edu.co/hormigon/archivos/laboratorio/mezclas04b.pdf>
- Calla Salcedo, R. (2013). *Resistencia del concreto utilizando aditivos superplastificante y microsilíce con agregados de la cantera Cutimbo*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero Civil, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenida de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3973/Lencinas_Valeriano_Fredd_Cristian_Incahuanaco_Callata_Becker_Iran.pdf?sequence=1&isAllowed.
- Castillo, A. (1994). *Tecnología del concreto*. Lima - Perú : San Marcos .
- Civil, C. (2010). *composicion quimica del cemento.html*. Constructor Civil. Obtenido de <http://www.elconstructorcivil.com>
- CV. (2011). *composicion quimica del cemento*. Construccion Civil. Obtenido de <http://www.elconstructorcivil.com>
- Gomez, & Orrala. (2015). *Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de Santa Elena*. UPSE, Santa Elena - Ecuador. Obtenida de <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2272>
- Guevara, G., Hidalgo, C., Pizarro, M., Rodriguez, I., Rojas, L., & Segura, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en Marcha.*, 25 N° 2. , 80 - 86. .
- Gutierrez, G. (2009). *Limites de consistencia de los agregados para mezcla de concreto*. Tesis , Universidad Nacional Autónoma de México, México, Mexico D.F. Obtenida de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1032/Tesis.pdf?sequence=1>
- Harmsen. (1995). Supervisión de obras de concreto . *ACI - Perú*.
- Haro, Q. (2013). *Granulometris de agregados (grueso y fino)*. Manual de tecnología y materiales, Universidad Nacional del Santa, Ancash - Perú, Chimbote.
- Hernández, Álvarez, & Montes. (2009). Ceniza de coco y hoja de pino para su uso como puzolana. *Naturaleza y Desarrollo*, 7, 33-44.

- Lancha, & Sempere. (1988). *Diccionario de ciencias naturales, usos y etimologías*. Madrid - España: P - 376. Obtenida de <https://www.iberlibro.com/buscar-libro/titulo/diccionario-ciencias-naturales-usos-etimolog%EDas/autor/lancha-jos%E9-manuel-sempere-teresa/>.
- López, R. (2000). *Naturaleza y Materiales de concreto*. Lima - Perú: ACI.
- López, R. (2007). *Diseño de mezcla* (Segunda ed., Vol. Segunda). Lima, Lima, Perú.
- López, R. (2010). *Materiales para el concreto* (Segunda ed.). Lima: ICG.
- Muñoz, S. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concretos a edades de 3,7,14,28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil, Universidad Privada Antenor Orrego, La Libertad - Perú, Trujillo. Obtenida de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/688>.
- Paredes, H. F. (2006). *Cemento Portlands tipo* .Lima. Obtenida de <https://es.slideshare.net/FabianRuiz5/cemento-71110860>
- Paredes, H. F. (2006). *Cemento*. Lima. Obtenido de <https://es.slideshare.net/FabianRuiz5/cemento-71110860>
- PCA. (2004). *Diseño y control de mezcla de concreto*. EE.UU.
- Pérez. (2010). *Evaluación de uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería* . Guatemala .
- Pinel, D. E.-T. (2014). *Valorización de la cenizas de bagazo procedentes de honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento pórtland*. Trabajo de investigación, Universitat politècnica de valència , Ingeniería de la construcción y proyectos de ingeniería civil., Honduras. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51063/Tesis%20Master%20PDF%20-%20Versi%F3n%20Final.pdf?sequence=1>
- Salvatierra, H. (2011). *"Concreto de alta Resistencia usando aditivo superplasticamente, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, Lima. Obtenida de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/420>.
- Santiago, R. (2009). *Variación de resistencias vs. Edades y relación a/c con cemento pórtland tipo I*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil , Universidad Ricardo Palma , Lima - Perú, Lima. Obtenida de http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/129/tufino_dr.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

AGRADECIMIENTO

A nuestra institución, Universidad Privada San Pedro Sede Huaraz, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de escalar un peldaño más, en el campo del conocimiento.

Agradecer a mis padres quienes con amor y dedicación supieron orientarme y contribuyeron con mi desarrollo personal y profesional.

A las personas que ayudaron al desarrollo y culminación de esta investigación y especialmente a mi asesor Ing. Gumercindo Flores Reyes.

ANEXO Y APENDICE

Anexo N°1: Análisis Térmico Diferencial de las cenizas de hoja de pino



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 15 de marzo del 2018

INFORME N° 30 - MAR-18

Solicitante: Bazán Garrido Jimmy- Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza hoja de pino – Pinus Radiata(1g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CHP-30M	24 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

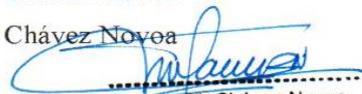
- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 15 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 24 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa


.....
Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

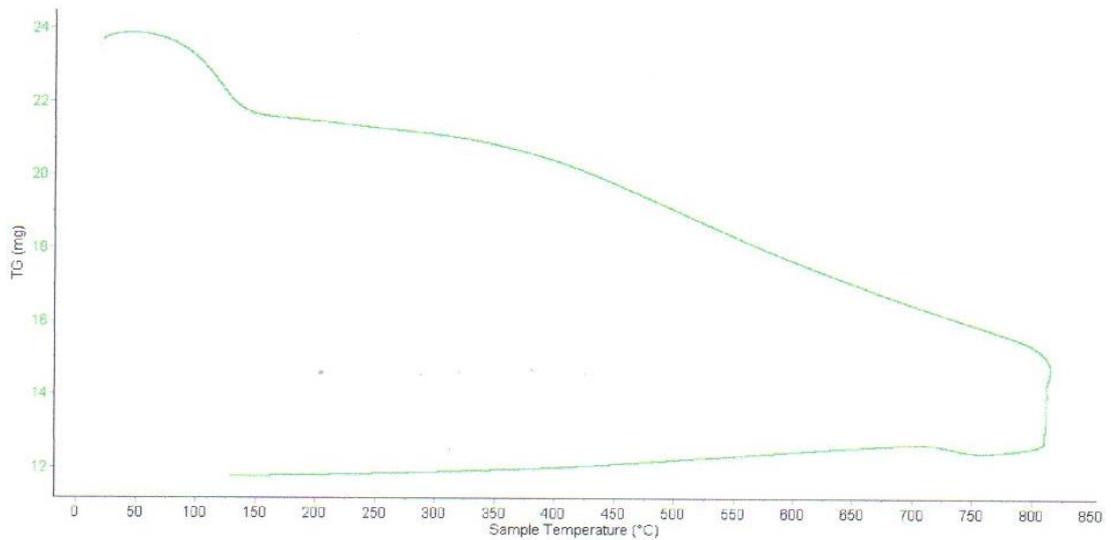


Trujillo, 15 de marzo del 2018

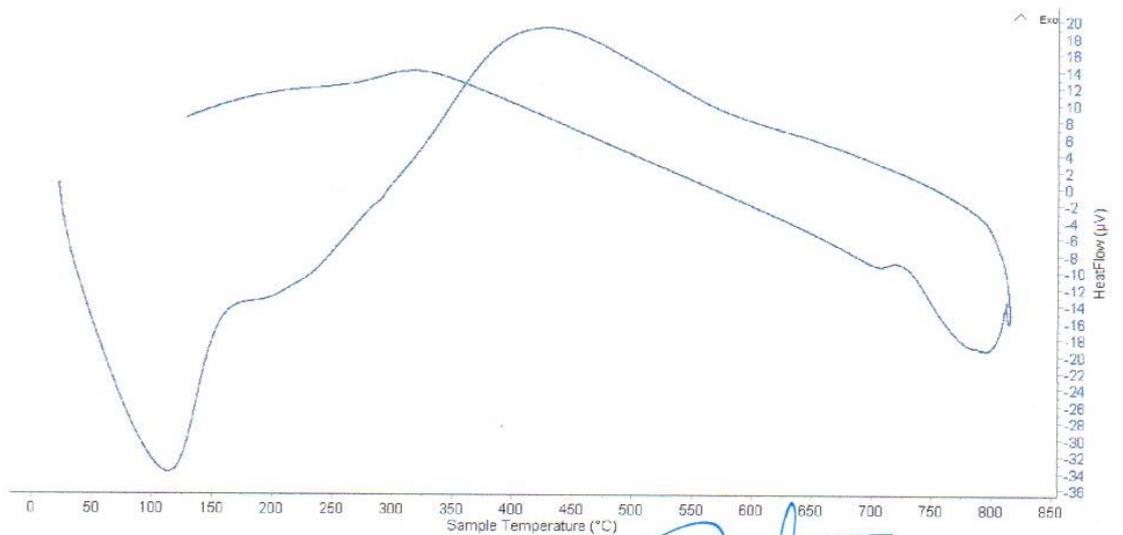
INFORME N° 30 - MAR-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953



Trujillo, 15 de marzo del 2018

INFORME N° 30 - MAR-18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe una pérdida ligera de masa desde 80 hasta 120°C posteriormente se percibe una pérdida progresiva y lenta. En todo el rango de temperatura analizado pierde un aproximado del 55 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico endotérmico a aproximadamente 110°C, un pico exotérmico a aproximadamente 430°C lo que podría representar alguna modificación estructural o de fase en el material.

Trujillo, 15 de marzo del 2018



Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

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°16-LAQ/2018

Análisis de una muestra de ceniza de hoja de pino por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de una muestra de ceniza de hoja de pino a pedido del Sr. Bach. **Bazán Garrido Jimmy Frank**, egresado de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y **como parte** de su proyecto de tesis titulada:

“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 kg/cm².”

La muestra procede de la localidad de Pinar, Huaraz, 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 μ 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 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 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 9300 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

Anexo N°2: Análisis químico de la ceniza de hoja de pino.



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 ceniza de hoja 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 hoja de pino en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	22.586	18.047
SiO ₂	20.039	16.753
P ₂ O ₅	14.816	12.387
SO ₂	3.407	2.849
ClO ₂	0.583	0.499
K ₂ O	10.600	8.862
CaO	29.737	24.861
TiO ₂	0.392	0.328
V ₂ O ₅	0.024	0.020
Cr ₂ O ₃	0.003	0.002
MnO	9.463	7.911
Fe ₂ O ₃	8.549	7.147
Ni ₂ O ₃	0.023	0.019
CuO	0.044	0.037
ZnO	0.205	0.171
Rb ₂ O	0.004	0.003
SrO	0.016	0.014
Y ₂ O ₃	0.002	0.001
ZrO ₂	0.015	0.012
BaO	0.098	0.032
Totales	119,611	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 mayor 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.

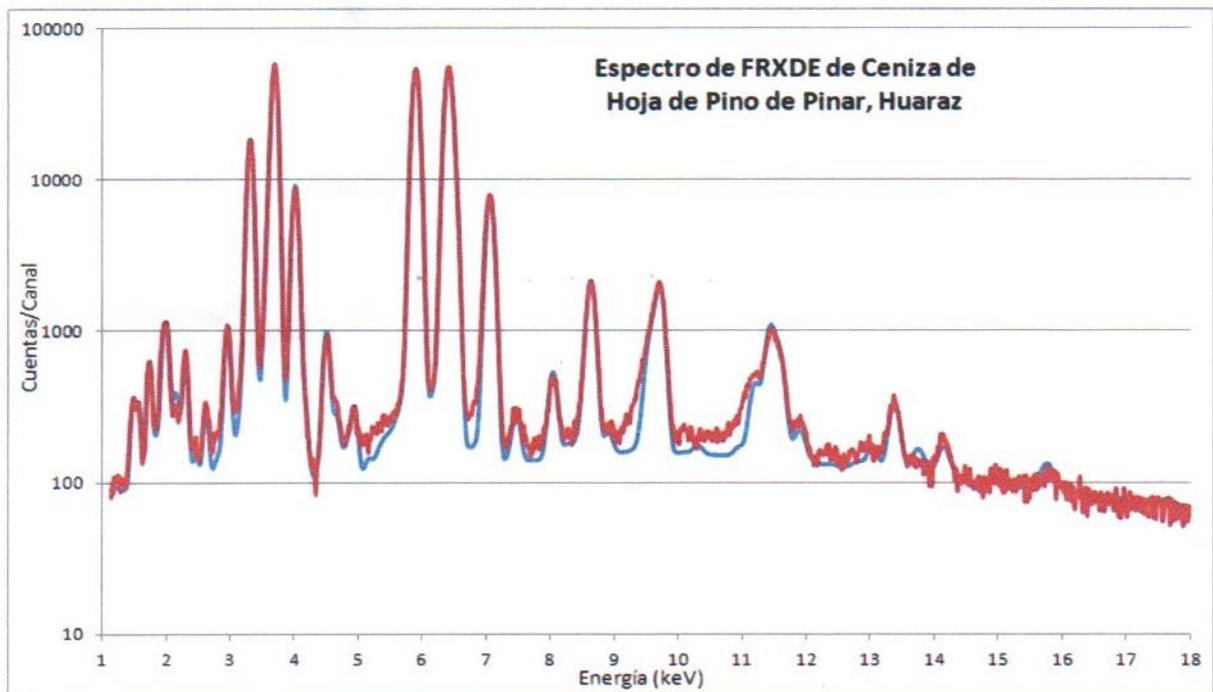


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de hoja de pino en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 21 de marzo del 2018

Anexo N°3: Análisis de pH de las cenizas de hoja de pino y sus combinaciones



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: “Efecto de Sustitución de 15 % y 20 % del Cemento por Ceniza de Hojas de Pino (*Pinus radiata*) en la Resistencia de un Concreto F’c = 175Kg/cm²”

TESISTA : Jimmy Frank BAZAN GARRIDO -tesista

MUESTRA : Hojas de pino (*Pinus radiata*)

LUGAR DE MUESTREO: Pinar – Independencia - Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 05-03-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 06- 03-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 08-03-18

Muestra	Cantidad Kg.
Ceniza de Hojas de pino (<i>Pinus radiata</i>)	0.680

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, 08 de Marzo del 2018.



Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANALISIS 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: “Efecto de Sustitución de 15 % y 20 % del Cemento por Ceniza de Hojas de Pino (*Pinus radiata*) en la Resistencia de un Concreto $F'c = 175\text{Kg/cm}^2$ ”

TESISTA : Jimmy Frank BAZAN GARRIDO -tesista

MUESTRA : Cemento

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 05-03-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 08-03-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 08-03-18

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, 08 de Marzo del 2018.

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: “Efecto de Sustitución de 15 % y 20 % del Cemento por Ceniza de Hojas de Pino (*Pinus radiata*) en la Resistencia de un Concreto $F'c = 175\text{Kg/cm}^2$ ”

TESISTA : Jimmy Frank BAZAN GARRIDO -tesista

MUESTRA : Ceniza de Hojas de pino (*Pinus radiata*)

LUGAR DE MUESTREO: Pinar – Independencia - Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 05-03-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 08- 03-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 08-03-18

Muestra	pH
Ceniza de Hojas de pino (<i>Pinus radiata</i>)	10.97

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, 08 de Marzo del 2018.





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: “Efecto de Sustitución de 15 % y 20 % del Cemento por Ceniza de Hojas de Pino (*Pinus radiata*) en la Resistencia de un Concreto $F'c = 175\text{Kg/cm}^2$ ”

TESISTA : Jimmy Frank BAZAN GARRIDO -tesista

MUESTRA : Cemento + 15 % de Ceniza de Hojas de pino (*Pinus radiata*)

LUGAR DE MUESTREO: Pinar – Independencia - Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 05-03-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 08- 03-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 08-03-18

Muestra	pH
Cemento + 15 % de Ceniza de Hojas de pino (<i>Pinus radiata</i>)	12.02

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, 08 de Marzo del 2018.



Guillermo Castillo Romero
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: “Efecto de Sustitución de 15 % y 20 % del Cemento por Ceniza de Hojas de Pino (*Pinus radiata*) en la Resistencia de un Concreto $F'c = 175\text{Kg/cm}^2$ ”

TESISTA : Jimmy Frank BAZAN GARRIDO -tesista

MUESTRA : Cemento + 20 % de Ceniza de Hojas de pino (*Pinus radiata*)

LUGAR DE MUESTREO: Pinar – Independencia - Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 05-03-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 08- 03-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 08-03-18

Muestra	pH
Cemento + 20 % de Ceniza de Hojas de pino (<i>Pinus radiata</i>)	11.90

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, 08 de Marzo del 2018.



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

Anexo N°4: Análisis realizados en la Universidad San Pedro



ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

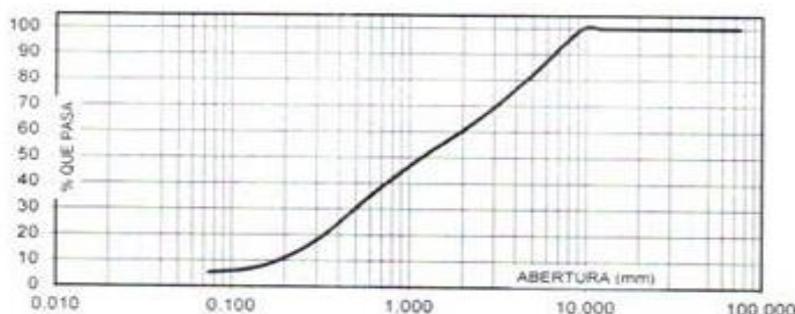
SOLICITA : **Bach. Bazan Garrido, Jimmy Frank.**
 TESIS : "Efecto de Sustitucion de un 15% y 20% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino "Pinus Radiata" en la Resistencia de un Concreto de F'c= 175 Kg/cm2"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 01/03/2018 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1627
PESO SECO LAVADO	1540.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	87.00

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	312.00	19.18	19.18	80.82
N° 8	2.360	274.00	16.84	36.02	63.98
N° 16	1.180	225.00	13.83	49.85	50.15
N° 30	0.600	246.00	15.12	64.97	35.03
N° 50	0.300	280.00	17.21	82.18	17.82
N° 100	0.150	161.00	9.90	92.07	7.93
N° 200	0.075	42.00	2.58	94.65	5.35
PLATO		87.00	5.35	100.00	0.00
TOTAL		1627.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4
 MODULO DE FINEZA : 3.4
 HUMEDAD : 4.61%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENGENO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 1165-44
 JEFE



ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

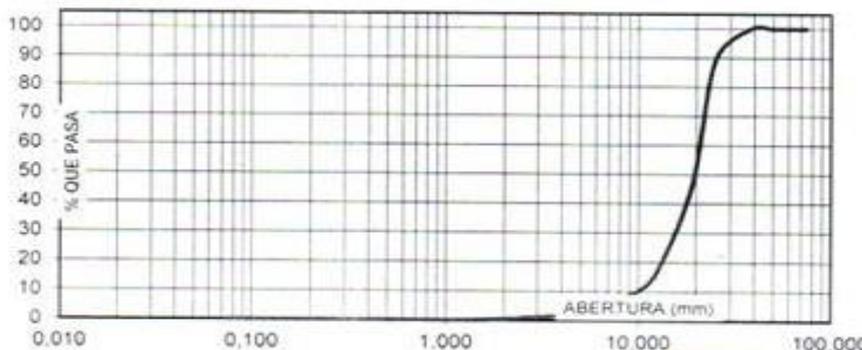
SOLICITA : **Bach. Bazan Garrido, Jimmy Frank.**
 TESIS : "Efecto de Sustitucion de un 15% y 20% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino "Pinus Radiata" en la Resistencia de un Concreto de F'c= 175 Kg/cm2"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 01/03/2018 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	10907
PESO SECO LAVADO	10907,00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ		PESO RETEN	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO	
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	1208,00	11,08	11,08	88,92
3/4"	19,000	4694,00	43,04	54,11	45,89
1/2"	12,500	3178,00	29,14	83,25	16,75
3/8"	9,500	782,00	7,17	90,42	9,58
N° 4	4,750	761,00	6,98	97,40	2,60
N° 8	2,360	198,00	1,82	99,21	0,79
N° 16	1,180	86,00	0,79	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	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		10907,00	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1"
 MODULO DE FINEZA : 7,41
 HUMEDAD : 0,46%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS	: "Efecto de Sustitucion de un 15% y 20% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino "Pinus Radiata" en la Resistencia de un Concreto de F'c= 175 Kg/cm ² "				
SOLICITA	: Bach. Bazan Garrido, Jimmy Frank				
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN : USP -HUARAZ			
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA 01/03/2018			
PROG. (KM.)	:	ASESOR			
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA	:				
MUESTRA	:	AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO			
PROF. (m)	:				
AGREGADO GRUESO					
N° TARRO		5	12		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1269.5	1269.6		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1264.0	1265.0		
PESO DE AGUA	(g)	5.50	4.60		
PESO DEL TARRO	(g)	164.10	167.9		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1099.90	1097.1		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.50	0.4		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0,46			
AGEGRADO FINO					
N° TARRO		5	11		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	875.0	922.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	843.5	889.1		
PESO DE AGUA	(g)	31.50	32.90		
PESO DEL TARRO	(g)	165.60	169.1		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	677.90	720.0		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	4.65	4.57		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	4,61			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENLACE DE MATERIALES

Elizabeth Maza Ambrosio
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : **Bach. Bazan Garrido, Jimmy Frank.**
 TESIS : "Efecto de Sustitucion de un 15% y 20% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino "Pinus Radiata" en la Resistencia de un Concreto de F'c= 175 Kg/cm2"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO FINO
 FECHA : 01/03/2018

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

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

300,0		
670,7		
970,7		
857,7		
113,0		
296,9		
109,9		
1,04		
1,04		

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

PROMEDIO

2,63		
2,65		
2,70		

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

PROMEDIO

2,63
2,65
2,70



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrósio
 CIP: 116544
 JEFE



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : Bach. Bazan Garrido, Jimmy Frank.
 TESIS : "Efecto de Sustitucion de un 15% y 20% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino "Pinus Radiata" en la Resistencia de un Concreto de F'c= 175 Kg/cm2"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO
 FECHA : 01/03/2018

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

ABSORCION (%) : ((A-D/D)x100)
 ABS. PROM. (%) :

1090,8	1090,4	1091,0
685,3	685,0	686,0
405,5	405,4	405,0
1082,0	1081,5	1082,3
396,7	396,5	396,3
0,81	0,82	0,80
0,81		

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO

2,67	2,67	2,67
2,69	2,69	2,69
2,73	2,73	2,73

PROMEDIO

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

2,67
2,69
2,73



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ESTADO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Bazan Garrido, Jimmy Frank.
TESIS : "Efecto de Sustitucion de un 15% y 20% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino
 "Pinus Radiata" en la Resistencia de un Concreto de $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ "
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 01/03/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7931	7944	7935
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4505	4518	4509
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1623	1628	1624
Peso unitario prom.	1625 Kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8339	8354	8356
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4913	4928	4930
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1770	1775	1776
Peso unitario prom.	1774 Kg/m ³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAJO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Bazan Garrido, Jimmy Frank.

TESIS : "Efecto de Sustitucion de un 15% y 20% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino
"Pinus Radiata" en la Resistencia de un Concreto de $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ "

LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 01/03/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	21115	21220	21235
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	15805	15910	15925
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1692	1703	1705
Peso unitario prom.	1700 Kg/m³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	21360	21390	21385
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	16050	16080	16075
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1718	1721	1721
Peso unitario prom.	1720 Kg/m³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
SALUDOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 - 1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO ESPECIFICO

(CENIZA)

SOLICITA: Bach. Bazan Garrido, Jimmy Frank.
TESIS: " Efecto de Sustitucion de 15% y 20% del Cemento por Ceniza de Hoja de Pino "Pinus Radiata" en la Resistencia de un Concreto FC= 175 Kg/Cm2"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : -----
MATERIAL : CENIZA DE HOJA DE PINO
FECHA: 23/05/2018

PESO DE MATERIAL	50	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	25,2	gramos Cm3

PESO ESPECIFICO	$D= P/V = 500/185$
-----------------	--------------------

PESO ESPECIFICO ARCILLA	1,98
-------------------------	------

OBSERVACIONES: Material arcilla utilizado paso por la malla N° 200.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FISCAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES

 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

Anexo N° 5: Ensayos de resistencia a la compresión del Concreto patrón y experimental



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. BAZAN GARRIDO , JIMMY FRANK.
 TESIS : 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 KG/CM2
 FECHA : 14/05/2018

F'c : 175 kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm2	FC/F'c (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	131,81	75,32
2	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	130,33	74,48
3	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	135,54	77,45
4	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	152,46	87,12
5	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	149,01	85,15
6	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	152,29	87,02
7	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	175,16	100,09
8	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	181,66	103,81
9	100%DE CEMENTO + 0% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	175,44	100,25

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 - HIJARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 LABORIO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. BAZAN GARRIDO, JIMMY FRANK.
TESIS : 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 KG/CM2
FECHA : 14/05/2018

F'c : 175 kg/cm²

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'c
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm ²	(%)
1	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	113,9	65,1
2	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	123,5	70,6
3	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	113,4	64,8
4	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	141,4	80,8
5	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	152,4	87,1
6	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	160,2	91,6
7	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	182,6	104,4
8	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	180,2	103,0
9	85%DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	169,6	96,9

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
FISCAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. BAZAN GARRIDO , JIMMY FRANK.
TESIS : 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 KG/CM2
FECHA : 14/05/2018

F'c : 175 kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/cm2	FC/F'c (%)
1	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	97,6	55,8
2	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	102,2	58,4
3	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	30/03/2018	7	88,7	50,7
4	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	140,5	80,3
5	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	113,1	64,6
6	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	06/04/2018	14	154,4	88,3
7	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	159,0	90,9
8	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	169,4	96,8
9	80%DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE HOJA DE PINO	-	-	22/03/2018	20/04/2018	28	170,0	97,1

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
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

Anexo N°6: Resultados de las Pruebas de Hipótesis

Tiempo de curado	Porcentaje de ceniza		
	0% de Ceniza	15% de Ceniza	20% de Ceniza
7 días	132.56	116.9	96.16
14 días	151.24	151.34	135.99
28 días	177.42	177.46	166.15
Promedio	153.74	148.57	132.77
Desv. Estándar	22.53	30.38	35.1
CV	15%	20%	26%

Calculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la comprensión de las probetas de concreto

Origen	Suma de cuadros	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje de ceniza	2,149.70	2	1074.80	11.72	0.000
Tiempo de curado	15,403.90	2	7701.96	83.98	0.000
Error	2,017.80	22	91.70		
Total	19,571.40	26			

Calculo de la prueba de Dunca para verificar cuál de las resistencias medias de las probetas es diferente

Porcentaje de ceniza de hoja de pino	Subconjunto para alfa = 0.05	
	1	2
20% de ceniza	132.78	
15% de ceniza		148.57
0% de ceniza		153.74

Comparaciones de todas las medidas de tratamientos con un control o testigo

	0% de ceniza	15% de ceniza	20% de ceniza
	153.74	148.57	132.77
a			
b			

Anexo N°7: Panel Fotográfico

Obtención de hoja de pino



Foto N° 1: Recolección de hoja de pin, condominio el “Pinar”- Huaraz.



Foto N°2: Recolección de hoja de pino.



Foto N°3: Secando de hoja de pino.



Foto N°4: Quemando de hoja de pino



Foto N°5: Ceniza de hoja de pino

Recolección de agregado - cantera “tacllan”



Foto N° 6: Cantera “Tacllan” de donde se obtuvo Agregado fino y grava.



Foto N°7: Agregado fino.



Foto N°8: Grava (Agregado Grueso)



Foto N°9: Malla para el ensayo Granulométrico Ag. Fino



Foto N°10: Mallas con respectivos N° para el ensayo Granulométrico



Foto N°11: peso del Agregado Fino.

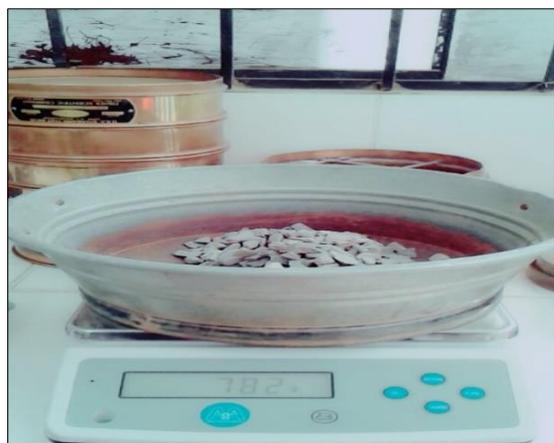


Foto N°12: peso del Agregado Grueso.



Foto N°13: Tamizando los Agregados.



Foto N°14: Tamizado del Agregado Fino.



Foto N°15: Tamizado del Agregado Grueso (Grava)



Foto N°16: Pesando el Ag. Fino en el recipiente N° 20

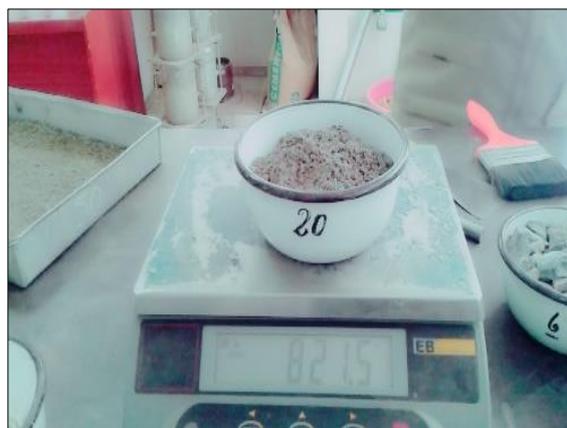


Foto N°17: Pesando el Ag. Grueso en el recipiente N°28



Foto N°18: Colocando el recipiente en el horno.



Foto N°19: Vista del horno con diferentes recipientes.



Foto N°20: Lavado del Agregado Fino.



Foto N°21: Lavado del Agregado Grueso.



Foto N°22: Enrasado del picnómetro con material incluido.



Foto N°23: Control de temperatura del agua.



Foto N°24: Enrasado del recipiente con la muestra para el cálculo del Peso Unitario Suelo Ag. Fino



Foto N°25: Enrasado del recipiente con la muestra para el cálculo del Peso Unitario Suelo Ag. Fino

Preparación del slump



Foto N°26: Elaboración del Slump.



Foto N°27: Medición del Slump.

Elaboración de las probetas



Foto N° 28: Herramientas para la elaboración de las probetas.



Foto N° 29: Colocado de los moldes en una superficie nivelada.



Foto N° 30: Engraso con petróleo la pared y la base inferior.



Foto N° 31: Materiales para la elaboración de las probetas.



Foto N°32: Pesando los materiales para la elaboración de probetas.



Foto N°33: Comparación del cemento con la ceniza de hoja de pino



Foto N°34: Mezclado en buggy los materiales con ceniza de hoja de pino



Foto N°35: Llenado del concreto en diferentes probetas.



Foto N°36: Chuseada en diferentes capas.



Foto N°37: Se enraso la parte superior con la plancha.



Foto N°38: Testigos de probetas.



Foto N°39: Desencofrado para ser curado en diferentes días.



Foto N°40: Colocado de las primeras muestras al cilindro



Foto N°41: Curado de las probetas en un cilindro.

Rotura de las probetas



Foto N°42: Muestra de la probeta de 15% de ceniza de hoja de pino



Foto N°43: Rotura a los 7 días de su elaboración.



Foto N°44: Rotura a los 14 días de su elaboración.



Foto N°45: Rotura a los 28 días de su elaboración.



Foto N°46: Se observa en la rotura de una de las probetas en Lb.



Foto N°47: Apunte de las Roturas en 28 días.