

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia de un concreto  $F'C = 175\text{Kg/cm}^2$  con cemento  
sustituido en 20% y 25% por cenizas volátiles.**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil.**

**Autor**

Milla Prieto, José Luis.

**Asesor**

Urrutia Vargas, Segundo Milquiseder

Chimbote – Perú

2018

## Índice General

### **Contenido**

Título	i
Palabras clave - key words – Línea de investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
I). Introducción	1
II). Metodología	42
III). Resultados	53
IV). Análisis y discusión	80
V). Conclusiones y Recomendaciones	88
VI). Agradecimientos	90
VII). Referencias bibliográficas	91
VIII). Anexos y apéndices	93

## Lista de Tablas

Tabla 1	Componentes químicos del cemento Portland	7
Tabla 2	Componentes químicos de cemento Pacasmayo tipo I	8
Tabla 3	Propiedades físicas del cemento Pacasmayo Tipo I	8
Tabla 4	Relación Agua/Cemento por Resistencia.	15
Tabla 5	Tolerancias de Ensayos de los Especímenes	23
Tabla 6	Composición química de las cenizas volantes según fluorescencia de rayos X	27
Tabla 7	Requisitos para concreto expuestos a productos químicos descongelantes	37
Tabla 8	Producción de ceniza Volatil en Ancash	38
Tabla 9	Variable Dependiente	39
Tabla 10	Variable Independiente	40
Tabla 11	Técnicas e instrumentos de investigación	43
Tabla 12	Resultados Composición Química en Óxidos de la ceniza volantes.2018	53
Tabla 13	Resultados de ensayos que determino e PH	53
Tabla 14	Granulometría del Agregado Fino	54
Tabla 15	Peso unitario suelto agregado fino	55
Tabla 16	Peso unitario compactado agregado fino	55
Tabla 17	Gravedad específica y absorción del agregado fino	56
Tabla 18	Contenido de humedad agregado fino	56
Tabla 19	Granulometría del Agregado grueso	56
Tabla 20	Peso unitario suelto agregado grueso	57
Tabla 21	Peso unitario compactado agregado grueso	57
Tabla 22	Gravedad específica y absorción del agregado grueso	58
Tabla 23	Contenido de humedad agregado grueso	58
Tabla 24	Ensayo a Compresión – 7 días	67
Tabla 25	Ensayo a Compresión – 14 Días	68
Tabla 26	Ensayo a Compresión – 28 días	68
Tabla 27	Resumen de Resistencias del Concreto Patrón	69
Tabla 28	Ensayo a Compresión – 7 días	70
Tabla 29	Ensayo a Compresión – 14 días	71
Tabla 30	Ensayo a Compresión – 28 días	72
Tabla 31	Resumen de Resistencias del Concreto Experimental 20%	72
Tabla 32	Ensayo a Compresión – 7 días	74
Tabla 33	Ensayo a Compresión – 14 días	75
Tabla 34	Ensayo a Compresión – 28 días	75
Tabla 35	Resumen de Resistencias del Concreto Experimental 25%	76
Tabla 36	Resistencia a la compresión de probetas con sustitución de un porcentaje de cenizas volantes según edad.	77
Tabla 37	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	78
Tabla 38	Cálculo de la prueba ANOVA	79
Tabla 39	Resultados Composición Química en Óxidos de la ceniza volantes	80
Tabla 40	PH de los Materiales Cementantes	81
Tabla 41	Relaciones a/c de los Concretos	81

Tabla 42	Compresión de las Probetas a los 7 Días	82
Tabla 43	Compresión de las Probetas a los 14 Días	83
Tabla 44	Compresión de las Probetas a los 28 Días	84

### Lista de Figuras

Figura 1	Molde para Determinar el Asentamiento	20
Figura 2	Tipos de Fallas en Especímenes	24
Figura 3	Esquematación de producción de cenizas volantes	25
Figura 4	Cantidad de Probetas de la Investigación	42
Figura 5	Escala de PH	53

### Lista de Gráficos

Gráfico 1	Curva Granulométrica agregado Fino	56
Gráfico 2	Curva Granulométrica agregado Grueso	57
Gráfico 3	Resistencias del Concreto Patrón vs Edad 7 días	67
Gráfico 4	Resistencias del Concreto Patrón vs Edad 14 días	68
Gráfico 5	Resistencias del Concreto Patrón vs Edad 28 días	69
Gráfico 6	Grafica de las Resistencias del Concreto Patrón vs las Edades de Curado	69
Gráfico 7	Grafica de las Resistencias del Concreto Patrón vs las Edades de Curado	70
Gráfico 8	Resistencias del Concreto experimental 20% vs Edad 7 días	71
Gráfico 9	Resistencias del Concreto experimental 20% vs Edad 14 días	71
Gráfico 10	Resistencias del Concreto experimental 20% vs Edad 28 días	72
Gráfico 11	Grafica de las Resistencias del Experimental 20% vs las Edades de Curado	73
Gráfico 12	Grafica de las Resistencias del Concreto experimental 20% vs las Edades de Curado	73
Gráfico 13	Resistencias del Concreto experimental 25% vs Edad 7 días	74
Gráfico 14	Resistencias del Concreto experimental 25% vs Edad 7 días	75
Gráfico 15	Resistencias del Concreto experimental 25% vs Edad 7 días	76
Gráfico 16	Grafica de las Resistencias del Experimental 25% vs las Edades de Curado	76
Gráfico 17	Grafica de las Resistencias del Concreto experimental 20% vs las Edades de Curado	77
Gráfico 18	Resistencias de las Probetas a los 7 días	82
Gráfico 19	Resistencias de las Probetas a los 14 días	83
Gráfico 20	Resistencias de las Probetas a los 28 días	84
Gráfico 21	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> ) Vs edad patrón y experimental al 20% y 25%	85
Gráfico 22	Resistencias Patrón Vs Experimentales	86

**TITULO:**

**“RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $F'_c=175\text{Kg/cm}^2$   
CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25% POR  
CENIZAS VOLÁTILES”**

---

**PALABRAS CLAVES:**

<b>Tema</b>	Ceniza, Cenizas Volátiles, Pozzolana, Concreto, Resistencia del Concreto.
<b>Especialidad</b>	Tecnología del Concreto

**KEYWORDS:**

<b>Topic</b>	Ash, Volatile Ash, Pozzolan, Concrete, Concrete strength
<b>Specialty</b>	Concrete Technology

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**

<b>PROGRAMA</b>	<b>INGENIERÍA CIVIL</b>
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Construcción y Gestión de la construcción
<b>OCDE</b>	Ingeniería y tecnología Ingeniería civil Ingeniería de la construcción
<b>CAMPOS DE INVESTIGACIÓN</b>	Tecnología de la construcción y Procesos constructivos.

## RESUMEN

En el trabajo de grado se evaluó el uso de las cenizas Volátiles para mezclas de concreto como sustituto parcial al cemento Portland en 20% y 25% de su proporción y su influencia en la resistencia, diseñadas en base a una resistencia de 175 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se realizó el análisis químico de las Cenizas volátiles activadas, se realizó con el método de Fluorescencia de Rayos X dispersiva en energía, los resultados muestran un 80.754% de material cementante en la suma de óxidos ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$ ) que es un valor importante. Se realizó el pH a las cenizas volátiles logrando obtener un pH = 12,48 es decir es material alcalino. Luego se realizó los ensayos de los agregados para conocer sus propiedades mecánicas, así poder hacer el diseño de mezcla logrando obtener la resistencia esperada.

El concreto con sustitución del cemento por ceniza volátiles en 20% obtuvo una resistencia a la compresión de 65.77 %, 85.89% y 97.33% a 7,14 y 28 días de edad. Y con el 25% obtuvo una resistencia de 64.81 %, 77.25% y 71.08% a 7, 14 y 28 días de edad.

Los resultados indicaron que podría utilizarse las cenizas volátiles, como sustituto parcial del cemento Portland en mezclas de concreto en sustituciones del 20% y 25%.

## ABSTRACT

The use of volatile ash was evaluated in the grade work for the concrete mixtures as a partial substitute to the Portland cement in 20% and 25% of its proportion and its influence in the resistance, the use of a base of 175 Kg / cm<sup>2</sup>.

The chemical analysis of the activated volatile ash was carried out was performed with the energy dispersive X-ray fluorescence method dispersive in energy, the results in 80.754% of the cementing material in the sum of oxides (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO) which is an important value. The pH was made to the volatile ashes obtaining a pH = 12.48 that is, it is alkaline material. Then the tests of the aggregates were made to know their mechanical properties, as well as the design of the mixture achieving the expected resistance.

In 20% of the results, a compression resistance of 65.77%, and 85.89% and 97.33% at 7, 14 and 28 days of age was obtained. And with 25% obtained a resistance of 64.81%, 77.25% and 71.08% at 7, 14 and 28 days of age.

The results indicated that it could replace volatile ashes, as a partial substitute for Portland cement in concrete mixtures in 20% and 25% substitutions



## **I: INTRODUCCION**

Las diversas obras civiles y los requerimientos técnicos con la cual se deben ejecutar éstas, ha dado lugar a que tengan ciertas particularidades unos respecto de otras, desarrollándose para cada caso alternativas de procesos constructivos, uso de equipos materiales convencionales y la sustitución de sustancias químicas denominadas “Sustituyentes (Cenizas Volátiles)” de características especiales que aplicadas al concreto le otorgan importantes aportes para mejorar la producción del concreto con calidad, economía y seguridad.

Chimbote se caracteriza por ser una ciudad donde los índices de contaminación son elevados, formando parte de eso encontrarnos a las empresas pesqueras que producen aproximadamente 100 toneladas mensuales de cenizas volátiles a consecuencias del proceso de combustión de las fábricas procesadoras de harina de pescado; motivándonos a investigar la posibilidad de emplear estos desechos industriales como sustituyentes en el concreto y planteando así la posibilidad de ser empleados en construcción; para lo cual tome como objetivo de trabajo el investigar y verificar las propiedades físicas y químicas de la cenizas volátiles con el propósito de determinar si son adecuados para desarrollar propiedades puzolánicas al reaccionar con el hidróxido de calcio que se libera el cemento al hidratarse; reacción que generaría a su vez un nuevo elemento de dureza. Es decir, existe la posibilidad de que en un lugar de que estos desechos se almacenen por toneladas sin ninguna utilidad, la industria de la construcción los pueda emplear como sustituyente del cemento.

La presente investigación consiste en diseñar mezclas de concreto, con relaciones a/c específicas con y sin sustituyentes (Cenizas Volátiles), utilizando cemento Portland Tipo I Mejorado, considerando una consistencia plástica y tratando de obtener diferentes resistencias a la comprensión variando la cantidad de cemento en proporción directa al porcentaje (20 y 25%) de aditivo empleando , para tal propósito se realizan ensayos en concreto fresco y endurecido que acompañado de una tabulación de resultados y gráficos podrán describir mediante un estudio comparativo

de los efectos que producen este aditivo mineral en el concreto así como el diseño óptimo de la mezcla.

Los autores Molina, Moragues & Gálvez (2008) llegaron a concluir que el aporte de las cenizas volantes sustituyendo el 10% del cemento en el concreto es positivo ya que dieron con un  $f'_c=255$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el diseño patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, después de los primeros 28 días de realizado la mezcla.

En el estudio de Vásquez (2010) por la búsqueda de materiales cementantes alternativos al cemento portland que aporten nuevas cualidades al concreto a la vez que contribuyan al ahorro energético y a la disminución de la emisión de contaminantes, propias de la producción del cemento portland. Es también un proceso con alta emisión de contaminantes, una tonelada de CO<sub>2</sub> por cada tonelada de cemento, considerando que la producción anual de cemento es de más de 1,600 millones de toneladas con la respectiva emisión de CO<sub>2</sub> y la emisión total de CO<sub>2</sub> es de 23,000 millones de toneladas al año, la producción de cemento contribuye con el 7% de la emisión total de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Uno de los materiales que se ha estudiado como un cementante complementario del cemento portland es la ceniza volante, un subproducto de la combustión del carbón en las centrales carboeléctricas, que tradicionalmente se ha considerado como desperdicio, por lo que se han incurrido en los correspondientes gastos para su eliminación

El presente estudio de Huaquisto, S & Belizario G (2018)., fue la dosificación de mezclas de concreto adicionando ceniza volante de tal manera que no disminuya la resistencia y ayude a mitigar el medio ambiente. El material y método empleado es el concreto normal con adiciones de ceniza volante en proporciones de 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% para roturas a los 7, 14, 28 y 90 días. Los resultados indican que a los 28 días se tienen resistencias en promedio de 221kg/cm para concreto normal, para concreto con 2.5% de ceniza volante

223kg/cm, 2 2 2 para el 5.0% 231kg/cm, para el 10.0% 200 kg/cm y 192kg/cm para el 15% de ceniza volante respectivamente. En conclusión la ceniza volante se debe utilizar como sustitución al cemento en un rango menor al 10%, más allá de este valor disminuye la resistencia del concreto, por lo que puede resultar perjudicial a la hora de realizar los controles de calidad.

El objetivo de la investigación de Valdez, P., Duran, A., Rivera, J., & Juárez, C. (2007)., es mejorar las propiedades mecánicas del concreto elaborado con este tipo de agregado incorporando ceniza volante (CV). Las propiedades medidas fueron: Resistencia a la compresión (RC) y módulo de elasticidad. Se utilizaron relaciones agua/cemento de 0.5 y 0.7, la CV se incorporó como sustitución parcial del cemento en un 20% y 40%, y como aditivo mineral en un 10% y 20%. Los resultados indican que la CV puede ser utilizada en concretos con ACTAA como agregado inerte fino ya que logra mantener una RC similar a la referencia. Se presentan ecuaciones para la predicción de propiedades mecánicas.

## **PROBLEMA**

El concreto es el material que tiene el mayor uso en la construcción de edificios e infraestructura y diversas obras de construcción civil a nivel mundial. El constante crecimiento de la población, que a su vez demanda infraestructura de vivienda, Para dicha demanda, es necesario encontrar otras alternativas para la mejora de las construcciones.

En el Perú en la actualidad la autoconstrucción de viviendas de albañilería confinada es alta con tendencia a incrementarse, y uno de los elementos más usados en la construcción de viviendas es el concreto esto origina que la mayoría de la población compre sus materiales donde el cemento es el principal elemento para la elaboración de concreto en la construcción, Para los sectores de altos ingresos hay actualmente una sobreoferta de viviendas mientras que para los sectores de menos recursos la vivienda es inaccesible; en estos últimos sectores es donde se ven

afectados por los precios de los materiales de construcción, la autoconstrucción sigue siendo la alternativa constructiva más factible, sin embargo, debe contar con el apoyo técnico y financiero adecuado, permitiendo elevar el nivel de vida de la población con menos recursos. es por eso innovar en nuevos materiales que cumplan con los estándares para la construcción y a la vez sean económicos.

En nuestra localidad es muy común la construcción albañilería confinada la cual tiene una gran demanda de cemento para la elaboración del concreto en las estructuras y a la vez se practica mucho la autoconstrucción en las viviendas, la población tiende a comprar materiales que cuentan con un costo elevado en el mercado por eso que se plantea la búsqueda de nuevos materiales en este caso un cemento puzolanico industrial que cumplan con los estándares de calidad con el fin de mejorar las viviendas y además utilizar los residuos industriales que se genera en nuestra localidad disminuyendo el impacto ambiental.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

**¿Cuál será la resistencia de un concreto  $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$  cuando se sustituye el cemento en 20% y 25% por Ceniza volátiles?**

## **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

Desde el punto de vista de la ingeniería de la construcción implementar este tipo de aditivo trae muchos beneficios aumentando la posibilidad de que el trabajo en concreto sea positivo y que las probabilidades que falle sean casi nulas. La ceniza volante presenta una alternativa de calidad y bajo costo para reemplazar en algunas proporciones que oscilan desde un 20% hasta un 25% del cemento ya sea para hacer concretos o morteros.

Esta investigación se basará en el estudio de las proporciones suficientes para que el concreto tenga una adecuada resistencia, durabilidad y en determinados casos que se necesiten concretos con poca permeabilidad.

Y beneficiará directamente a los dueños o gerentes de futuras obras de construcción, a las familias de bajos recursos que muchas veces construyen sus viviendas sin la menor supervisión y control de calidad de materiales, permitiendo que el bajo costo sea la prioridad.

## **MARCO REFERENCIAL**

### **TECNOLOGIA DEL CONCRETO**

#### **CONCRETO**

El concreto, es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena y grava y en algunos casos de aditivos. Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía.

El concreto es una roca fabricada por el hombre, diseñada y producida de acuerdo a normas establecidas para fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con las características de economía, facilidad de colocación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación. El concreto presenta como las piedras naturales una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción (generalmente es el 10% de su resistencia a los esfuerzos de compresión) por lo cual se refuerza con varillas de acero, para que sean éstas las que soporten tales esfuerzos (concreto armado). Se ha considerado que en la determinación de la calidad de concreto intervienen aproximadamente 200 variables de las cuales unas son inherentes al diseño y otras al proceso de fabricación; por lo anterior, la dosificación y producción del concreto es un trabajo complejo en el que se deben seguir las normas establecidas respecto a dosificación y calidad del agregado y proceso de fabricación; y en la medida en que se adapten tecnologías foráneas a las condiciones propias de la región, empleando materiales nativos y soluciones autóctonas, se ganará en economía. (Gutiérrez, 2003 p.33).

## **COMPONENTES DEL CONCRETO**

### **CEMENTO**

Según la Norma Técnica Peruana, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda. Es decir: Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso

El cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

### **COMPONENTES QUÍMICOS**

- Silicato tricalcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.
- Silicato dicalcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.
- Aluminato tricalcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.
- Aluminio- ferrito tetracalcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
- Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

- Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

**Tabla N°01 Componentes químicos del cemento Portland**

<b>%</b>	<b>COMPONENTE QUIMICO</b>	<b>PROCEDENCIA USUAL</b>
	Oxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
95%<	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, piritita
5%<	Oxido de Magnesio, Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo Y magnesio	Minerales Varios

**Fuente: Torre (2004)**

### **Tipos de Cementos:**

- **Tipo I**, Destinado a obras de concreto en general, cuando no se requieren de propiedades especiales, las mismas que no especifiquen la utilización de los tipos II, III, IV y V.

### **Adiciones minerales**

Las adiciones minerales son materiales inorgánicos que se incorporan al cemento o al concreto, en diferentes porcentajes, con el fin de mejorar sus propiedades. Cuando se incorpora una adición mineral al cemento portland, se producen tres efectos, que dependiendo de las proporciones en que se encuentren mezclados los materiales, y de sus características físicas, químicas y mineralógica, varían su importancia en función del tiempo. Estas son: efecto de dilución del cemento portland, presente durante toda su hidratación; efecto filler preponderante en las primeras edades de la misma; y cuando la adición la presenta, la actividad

puzolánica, que según su grado de reactividad puede ser fuerte, moderada o débil, (Bonavetti et.al.; 2006:33-41).

Las ventajas de emplear las adiciones minerales en la fabricación de morteros y concretos de cemento son:

- Mayor durabilidad.
- Menor calor de hidratación.
- Mayores resistencias.

El cemento empleado para la presente proyecto de investigación será el cemento Portland tipo I

**Tabla N°02. Componentes químicos de cemento Pacasmayo tipo I**

Componentes		CPSAA	Requisitos NTP. 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo de 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.8	Máximo de 3.0
Perdida por Ignición	%	3.0	Máximo de 3.5
Residuos Insolubles	%	0.73	Máximo de 1.5

**Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2016)**

**Tabla N°03. Propiedades físicas del cemento Pacasmayo Tipo I**

Componentes		CPSAA	Requisitos NTP. 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo de 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo de 0.80
Superficie Especifica	cm <sup>2</sup> /g	3770	Mínimo de 2800
Densidad	g/ml	3.12	No especifica

**Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2016)**



## **AGUA PARA LA MEZCLA**

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante. Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua sólo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas.

El agua utilizada en la elaboración del concreto debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

Algunas de las sustancias que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas y que inciden en la calidad del concreto son:

- Las aguas que contengan menos de 2.000 ppm. de sólidos disueltos generalmente son aptas para hacer concretos; si contiene más de esta cantidad deben ser ensayadas para determinar sus efectos-sobre la resistencia del concreto.
- Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, estos pueden reaccionar con el cemento produciendo rápido fraguado; en altas concentraciones también disminuyen la resistencia del concreto.
- Un alto contenido de cloruros en el agua de mezclado puede producir corrosión en el acero de refuerzo o en los cables de tensionamiento de un concreto pre esforzado.
- El agua que contenga hasta 10.000 ppm de sulfato de sodio puede ser usada sin problemas para el concreto.
- Las aguas ácidas con PH por debajo de 3 pueden crear problemas en el manejo y deben ser evitadas en lo posible.

- Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, puede reducir la resistencia del concreto en un 20%.(Gutiérrez, 2013, pag.46)

### **AGREGADOS:**

Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados. Se les llama también áridos. (NTP.400.011).

### **AGREGA FINO:**

Definición: Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 74  $\mu\text{m}$  N° 200 (NTP.400.011); deberá cumplir con las siguientes propiedades:

#### **Peso Unitario**

El peso unitario de un agregado es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; se expresa en kilogramos por metro cubico. (N.T.P 400.017)

El peso unitario se expresa en dos formas: el suelto y el compactado.

#### **Peso Unitario Suelto**

El agregado se llena continuamente hasta completar un volumen establecido sin ningún tipo de compactación.

#### **Peso Unitario Compactado**

El agregado se llena en tres partes iguales, aplicando compactación por validación por varillado a cada capa de acuerdo a la especificación de la norma. El peso unitario está influenciado por su:

- Gravedad específica.
- Granulometría.
- Perfil y Textura superficial.

- Condición de humedad.
- Grado de compactación de masa.

### **Granulometría**

Esta propiedad caracteriza al agregado en base a la densidad de tamaños de sus partículas que lo conforman. Para esta caracterización de tamaños debe analizar mediante su separación en 7 fracciones, cribándola a través de las malla normalizadas como “serie estándar” cuyas aberturas se duplican sucesivamente a partir de la más reducida que es igual a 0.150mm (ASTM N° 100) y cuyo procedimiento de ensayo está dado por la norma indicada. La importancia de esta propiedad es que de acuerdo a la forma como están distribuidos sus tamaños tienen influencia directa sobre el comportamiento del cemento fresco y endurecido. (N.T.P 400.012).

### **Módulo de Fineza**

Siendo igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar, el valor del módulo de fineza para la fabricación del concreto debe estar comprendido entre 2.30 -3.10.

Las arenas que presentan un M.F. inferior a 2.30 se consideran demasiadas finas e inconvenientes para el concepto porque suelen requerir mayor consumo de cemento, lo cual repercute en el aspecto económico y en los cambios volumétricos. Si son mayores a 3.10 resultan demasiados gruesos y también se les juzga inadecuada ya que producen mezclas ásperas y segregables.

El módulo de finura del agregado fino se calcula mediante la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: N°4, 8, 16, 30, 50 y 100, dividiendo entre 100; del ensayo granulométrico.

De la forma siguiente:

$$M.F = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

## **Contenido de Humedad**

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno a 110°C, entre el peso de la materia; y a este coincide se multiplica por 100.

Los agregados usualmente son considerados en un estado saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos y llenos de agua y libre de humedad superficial, siendo una condición ideal para fines prácticos de diseño y dosificación ya que se supone que los agregados no añaden ni quitan agua a la mezcla. (ASTM D-2216).

## **Gravedad Específica Y Absorción**

La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición del equilibrio.

Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuánto de agua tomara el agregado en la mezcla del concreto. La absorción en el agregado fino no suele exceder del 5%. (N.T.P. 400.022)

## **AGREGA GRUESO:**

### **Definición:**

Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca. (NTP.400.011), debe cumplir con las siguientes propiedades:

### **Peso específico**

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; el peso específico no será menor de 2.6, correspondientes a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y

absolutamente con mayor cantidad de agua, etc.). La norma ASTM C-127 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado grueso.

### **Peso unitario**

El peso unitario de un agregado es el peso de un volumen establecido, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; se expresa como el peso de material por cubo.

El peso unitario se expresa en dos formas: el suelto y el compactado, generalmente se expresa en kilos por metro cubico.

Su cálculo tanto para suelto como para compactado lo determina la norma en mención. (N.T.P. 400.017)

### **Peso unitario suelto**

El agregado se llena continuamente hasta completar un volumen establecido sin ningún tipo de compactación.

El peso unitario varía con el contenido de humedad. Este incrementa en el agregado grueso cuando incrementa su contenido de humedad.

### **Peso unitario compactado.**

El agregado se llena en tres partes iguales, aplicando compactación por varillado a cada capa de acuerdo a la especificación de la norma.

### **Granulometría**

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma, la granulometría seleccionada deberá ser perfectamente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. (N.T.P. 400.012)

### **Contenido de humedad**

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno en 110°C, entre el peso de la materia; y a este cociente se multiplica por 100. (ASTM D-2216)

### **Porcentaje de Absorción**

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado grueso después de ser secado a peso constante y luego sumergido 24 horas en agua. La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición de equilibrio. Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuánto de agua tomara el agregado en la mezcla del concreto. La absorción no suele exceder de 3% para el agregado grueso. (N.T.P. 400.022)

### **Requisitos de uso:**

- El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferente angular o semi-agunlar, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deben estar de tierra, polvo limo, humos, escamas materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

### **RELACION AGUA CEMENTO(A/C):**

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad. (Laura ,2006).

## Por Resistencia

Para concretos preparados con cemento Portland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla N°8.

Tabla N°04: Relación Agua/Cemento por Resistencia.

Resistencia a la compresión a los 28 días ( kg / cm <sup>2</sup> ) f'cr	Relación Agua / Cemento De Diseño En Peso	
	Concreto sin Aire Incorporado	Concreto con Aire Incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

Fuente: ACI

## PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS PRINCIPALES

### a. Silicato Tricálcico (C3S)

- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Contribuye a una buena estabilidad de volumen.
- El calor de hidratación es equivalente a 120 cal/gr. Este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo.

### b. Silicato Dicálcico (C2S)

- Es el segundo en importancia.
- Endurece con lentitud.
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).
- El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr.

- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al  $C_3S$
- Su contribución a la estabilidad de volumen es regular.

**c. Aluminato Tricálcico ( $C_3A$ )**

- Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).
- Tiene poca resistencia mecánica (no incide en la resistencia a la compresión).
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo)
- Tiene mala estabilidad de volumen.
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal /gr.

**d. Ferro Aluminato Tetracálcico ( $C_4AF$ )**

- Tiene relativa trascendencia en la velocidad de hidratación.
- El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr. (moderado).
- En la resistencia mecánica no está definida su influencia.
- La estabilidad de volumen es mala.

El Silicato Tricálcico ( $C_3S$ ) y el Silicato Dicálcico ( $C_2S$ ) constituyen el 75% del cemento. Por eso la resistencia mecánica se debe a éstos dos compuestos.

## PROPIEDADES DEL CEMENTO

**Peso Específico;** corresponde al material al estado compacto. Su valor suele variar, para los cementos Portland normales, entre 3.0 y 3.2 según las Norma ASTM C188. Las Normas Norteamericanas consideran un valor promedio de 3.15 y las Normas Alemanas e inglesas un valor promedio de 3.12. En el caso de los cementos combinados el valor es menor de 3.0 y depende de la fineza del material adicionado.

Cuando el cemento contiene adiciones minerales que lo convierten en un cemento combinado, con una densidad menor a la del Clinker puro, los valores



indicados descienden notablemente, al igual que en el caso de los cementos meteorizados.

**Fineza;** la fineza del cemento es en función del grado de molienda del mismo y se expresa por su superficie específica, la cual es definida como el área superficial total, expresada en centímetros cuadrados, de todas las partículas contenidas en un gramo de cemento. Se asume que todas las partículas tienen un perfil esférico.

Importancia: A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen.

**Fraguado;** se refiere al cambio del estado fluido al estado sólido. Se dice que la pasta de cemento Portland ha fraguado cuando está lo suficientemente rígida como para soportar una presión arbitraria definida. El tiempo de fraguado se divide en dos partes: el comienzo y el fin de la fragua, conocidos como "fragua inicial" y "fragua final". Cuando la pasta ha logrado la fragua final, empieza un nuevo periodo de incremento de su rigidez y resistencia denominado "endurecimiento".

El porcentaje de agua que se mezcla con el cemento tiene gran importancia sobre el tiempo de fraguado. Esta cantidad de agua se determina para cada tipo de cemento mediante el ensayo de consistencia normal.

El tiempo de fraguado del cemento es afectado en algo por su contenido de C3 A, cuya acción es regulada por el SO<sub>4</sub> Ca adicionando el Clinker en el proceso de molienda. Pero la fineza del cemento, el contenido de agua de la pasta y la temperatura de almacenamiento son generalmente, los factores más importantes. Es especial que la fragua del cemento no sea ni demasiado rápida ni demasiado lenta. En el primer caso habría tiempo insuficiente para transportar y colocar el concreto antes que sea demasiado rígido. En el segundo de los casos se originarían retrasos en el trabajo y uso de la estructura.

Importancia: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

**Estabilidad de volumen;** capacidad del cemento para mantener un volumen constante una vez fraguado. Se considera que un cemento es poco estable cuando tiende a sufrir un proceso de expansión lentamente y por un largo periodo de tiempo. El efecto de un cemento poco estable puede no ser apreciado durante meses, pero a la larga es capaz de originar fuertes agrietamientos en el concreto y aun fallas eventuales. La falta de estabilidad de volumen es debida a la presencia de yeso o a un exceso de cal libre o magnesia, los cuales tienden a hidratarse y expandir.

**Contenido de Aire;** mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla; las cantidades excesivas de aire en el cemento puede ser un factor que contribuyan a reducir la resistencia de los concretos.

**Resistencia a la Comprensión;** mide la capacidad mecánica del cemento, es una de las más importantes propiedades.

**Importancia:** propiedad que decide la calidad de los cementos.

**Calor de Hidratación;** mide el calor desarrollado por la reacción exotérmica de la hidratación del cemento. El calor de hidratación de los cementos normales es de 85 a 100 cal/gr, por lo que en condiciones normales de construcción el calor se disipa rápidamente por radiación, siendo los cambios de temperatura dentro de la estructura relativamente pequeños y probablemente de pocas consecuencias. Pero, en estructuras de concreto en grandes masas, la poca conductibilidad térmica de este material, que es un mal disipador del calor impide la rápida radiación, pudiendo alcanzar la masa de concreto elevadas temperaturas. Estos aumentos de temperatura pueden ocasionar expansión mientras al concreto se está endureciendo y dar por resultado contracciones y agrietamiento al irse enfriando hasta la temperatura ambiente.

**Figuración;** es una propiedad física que es consecuencia de los cambios de volumen que se presentan en patas puras, morteros y concreto. La fisuración por contracción es función del tipo de cemento, de su composición química y fineza

de molienda, y de la relación agua-cemento empleada. El tiempo de fisuración aumenta con el porcentaje C 2 S. El sulfato de calcio provoca aumento de volumen de la pasta y tiene a prolongar el tiempo de fisuración. Esta disminuye con cementos menos finos.

Un porcentaje creciente de agua de mezclado aumenta ligeramente la concentración de la pasta pura. Mientras mayor es la humedad ambiente la fisuración es menor, siendo nula bajo el agua la concentración. La fisuración aumenta significativamente mientras mayor sea la temperatura.

**Retracción y Expansión;** la influencia de la capacidad de expansión o retracción de los cementos reside en que condiciona la posibilidad y magnitud de los cambios de volumen que pueden experimentar los elementos estructurales, cambios que cuando son importantes se manifiestan en agrietamiento de los elementos.

## **PROPIEDADES DEL CONCRETO**

Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas, estas son:

### **- TRABAJABILIDAD:**

La resistencia del hormigón se ve seriamente afectada por el grado de compactación por ello la consistencia de la mezcla debe permitir su transporte, colocación y terminación sin segregación y eliminar las burbujas de aire atrapado en la hormigonera.

### **- Definición de Trabajabilidad**

Es la cantidad de trabajo interno útil que se necesita para producir una compactación completa de la mezcla de hormigón. Se habla de trabajo útil porque parte de la energía se gasta en vibrar los encofrados, capas de hormigón ya compactadas o endurecidas. Para describir el estado fresco del hormigón se emplea el

término “consistencia” que es la relativa movilidad o habilidad del hormigón o mortero para fluir. Los términos trabajabilidad y parecido pero miden distintas características. Dos hormigones de igual consistencia (igual asentamiento) pueden tener distinta trabajabilidad en el caso que uno contenga canto rodado y otro piedra partida. Este último será menos trabajable porque su forma y textura originan una mayor fricción interna, que dificulta su movilidad y compactación. También esto se cumple en el caso de hormigones con y sin aire intencionalmente incorporado. Las burbujas de aire incorporado disminuyen la fricción interna de la mezcla. (Carrasco, 2013, pag.5)

### **Asentamiento del Concreto Slump (MTC E 705):**

#### **Equipos:**

- Molde – Debe ser metálico, inatacable por el concreto, con espesor de lámina no inferior a 1,14 mm (0,045"). Su forma interior debe ser la superficie lateral de un tronco de cono de  $203 \pm 2$  mm ( $8" \pm 1/8"$ ) de diámetro en la base mayor,  $102 \pm 2$  mm ( $4" \pm 1/8"$ ) de diámetro en la base menor y  $305 \pm 2$  mm ( $12" \pm 1/8"$ ) de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar provisto de agarraderas y de dispositivos para sujetarlo con los pies, como se indica en la Figura 1. La costura de la lámina debe ser esencialmente como la indicada en la Figura N°01. El interior del molde debe estar libre de abolladuras, ser liso y sin protuberancias.

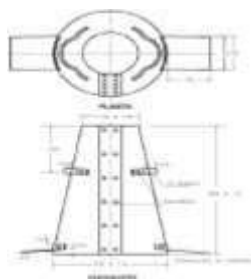


Fig. N°01: Molde para Determinar el Asentamiento.

- Varilla compactadora – Debe ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24"); el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm (5/16").
- Wincha.

**Procedimiento:**

1. Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujeta firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente. Un tercio del volumen del molde corresponde, aproximadamente, a una altura de 67 mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.
2. Cada capa debe compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo se debe compactar en todo su espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.
3. Al llenar la capa superior se debe apilar concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después que la última capa ha sido compactada se debe alisar a ras la superficie del concreto. Inmediatamente el molde es retirado, alzándolo cuidadosamente en dirección vertical. El concreto del área que rodea la base del cono debe ser removido para prevenir interferencia con el proceso de asentamiento. El alzado del molde debe hacerse en un tiempo aproximado de  $5 \pm 2$  segundos, mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento lateral o de torsión al concreto.

La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, se debe hacer sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos.

El ensayo de asentamiento se debe comenzar a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

4. Inmediatamente después, se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen.

Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen, se debe repetir el ensayo sobre otra porción de la muestra. Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto dan este resultado, el concreto carece probablemente de la plasticidad y cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable.

## **RESISTENCIA A LA COMPRESION:**

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con su resistencia a compresión, debido a que por un lado es la propiedad mecánica más sencilla y practica de determinar y por otro, esta representa la condición de carga en la que el concreto exhibe mayor capacidad para soportar esfuerzos, de modo que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de obtener el mayor provecho a esta propiedad. (López & Montejo, 2001, pág...38)

## **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS (MTC 704)**

1. El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.

2. Las muestras se deben mantener húmedas utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas. Se deberán ensayar en condición húmeda.
3. Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:

**Tabla N°05: Tolerancias de Ensayos de los Especímenes**

Edad de Ensayo	Edad de Ensayo
12 horas	0.25 ó 2.1%
24 horas	±0.5 horas ó 2.1%
3 días	2 horas ó 2.28%
7 días	6 horas ó 3.6%
28 días	20 horas ó 3.0%
56 días	40 horas ó 3.0%
90 días	2 días ó 2.2%

**Fuente: MTC-704.**

4. Colocación de la Muestra: Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior. Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior.

Se alinea cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se debe rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida.

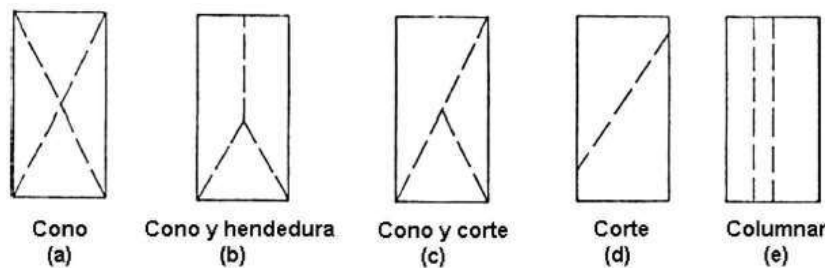
Antes de ensayar el espécimen se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.

5. Velocidad de Carga: Se aplica la carga continuamente sin golpes bruscos. La carga se deberá aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s ( $35 \pm 7$  psi/s). La velocidad escogida se debe mantener, al menos, durante la segunda mitad del

ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro.

6. Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto

Se aplica la carga hasta que el indicador señale que ella comienza a decrecer de manera continua y el cilindro muestra un patrón de falla bien definido. (Fig 2)



**Fig. N° 2:** Tipos de Fallas en Especímenes  
**Fuente:** MTC-704.

Si se usa una máquina equipada con un detector de rotura del espécimen no se permitirá su reconexión hasta que la carga haya caído a un valor menor de 95% de la máxima. Cuando se ensayan cilindros sin refrentar, puede ocurrir una fractura de esquina antes de alcanzar la carga última; en tal caso se debe continuar la compresión hasta que se tenga la certeza de haber alcanzado la carga última.

Se registra la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anota el patrón de falla de acuerdo con los modelos de la Figura N°02, si se ajusta a alguno de ellos. En caso contrario se harán un dibujo y una descripción del tipo de falla producido.

Si la resistencia medida es muy inferior a la esperada, se examina el cilindro para detectar zonas con vacíos o con evidencias de segregación o si la fractura atraviesa partículas del agregado grueso y se verifican, también, las condiciones del refrentado.



## CENIZA VOLANTE

Existen varias definiciones para la Ceniza Volante o también conocida como fly ash, entre ellas tenemos.

Son el resultado de los residuos finamente divididos que resulta de la combustión del suelo o carbón en polvo y que se transporta desde la cámara de combustión a través de la caldera por los gases de combustión para el sistema de eliminación de partículas (American Concrete Institute (ACI 116R) año 2005, pag.29.) Las cenizas volantes es el residuo fino que resulta de la combustión de suelo o el carbón en polvo y que es transportado por los gases de combustión” (American Society for Testing Materials (ASTM-C-618) año 2001, pag.01.)

Un polvo fino con partículas principalmente esféricas, cristalinas, originadas por la combustión del carbón pulverizado, con o sin materiales de combustión, que tiene propiedades puzolánicas y que está compuesto fundamentalmente de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (óxido de silicio y óxido de aluminio)” Norma española (UNE-EN 450-1:2008) año 2011, pag.01.).

Las cenizas volantes son los residuos sólidos que se obtienen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas por carbones pulverizados” (Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE) año 2008, pag.82.).

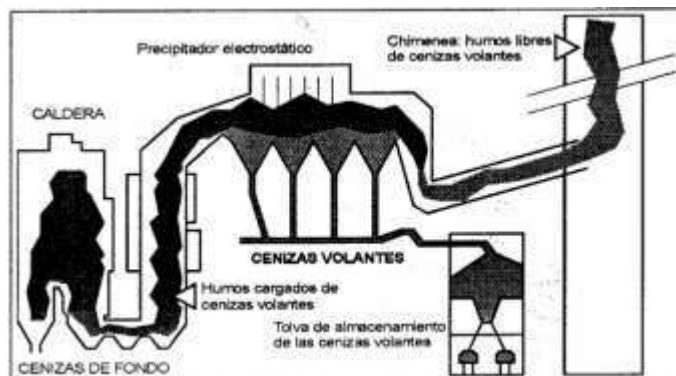


Figura 03; Esquemática de producción de cenizas volantes.

## **ORIGEN DE LA CENIZA VOLANTE.**

La ceniza volante se obtiene de las centrales termoeléctricas, Estas utilizan como material para su funcionamiento el Carbón como combustible, originando dos tipos de residuos: las Cenizas de hogar o Escoria y las cenizas volantes, cuya principal diferencia es el tamaño de las partículas.

Las Cenizas de hogar o Escoria caen al fondo por gravedad, se suelen retirar por arrastre con la utilización de agua hasta los silos de almacenamiento.

Las cenizas volantes son las partículas más finas, se obtienen por precipitación mecánica o electrostática del polvo en suspensión que se encuentra en los gases procedentes de la combustión.

Las Cenizas Volantes constituyen típicamente el 80% del total de las cenizas, correspondiendo un 20% restante a las cenizas de hogar o escoria. Según datos estadísticos, en el mundo se producen aproximadamente 600 millones de toneladas al año de cenizas de carbón, de las centrales termoeléctricas, el total en peso de las cenizas volantes producidas es aproximadamente del 30% de la masa de carbón consumida.

La materia prima para la obtención de la Ceniza Volante es el carbón, este producto pasa por varias etapas antes de la obtención de la CENIZA VOLANTE. El carbón se pulveriza mediante molinos de trituración, luego con la utilización o no de combustibles secundarios se coloca dentro de un horno, mediante una corriente de aire caliente a alta velocidad, y estando en suspensión se cocina a una temperatura de 1500 +/- 200 grados centígrados, El mismo que se encuentra por encima del punto de fusión de la mayoría de los minerales. Durante este proceso las partículas inorgánicas no sufren una combustión completa, y se producen partículas de ceniza.

Las reacciones que se originan dependen no solamente de la temperatura del horno en el momento de la combustión, sino también del tipo de carbón, de la finura de molino y del tiempo de permanencia en el horno.

## PROPIEDADES DE LA CENIZA VOLANTE

### PROPIEDADES QUIMICAS

Las composiciones químicas de la ceniza volante inicial y de las diferentes fracciones se presentan en la Tabla nº 06 (datos referidos a muestra seca). Los datos son acordes con los presentados en otras referencias para la composición de otras cenizas volantes españolas. Vemos que los porcentajes de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O y SO<sub>3</sub> aumentan con el grado de finura de las fracciones, mientras que el contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es mayor en las fracciones gruesas.

Existe una manifiesta diferencia entre la composición media ponderada de las fracciones recolectadas y la de la ceniza volante original: esto es atribuible a que existe una fracción mucho más fina que escapa del túnel y que será objeto de análisis y discusión en futuras investigaciones en marcha.

La mayor concentración de álcalis en la fracción fina tiene un doble interés que abre camino a futuras investigaciones. Por una parte explicaría que las cenizas conteniendo mayores porcentajes de álcali adopten dimensiones menores, lo que implica una menor tensión superficial en la gota líquida que formará al solidificar la partícula de ceniza en el hogar y la chimenea del horno.

**Tabla 06. Composición química de las cenizas volantes según fluorescencia de rayos X.**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad %</b>
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	49,10
Oxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	26,18
Oxido Férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14,63
Oxido de Magnesio (MgO)	1,13
Oxido de Calcio (CaO)	5,84
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0,58
Oxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	1,52
Cloruros (Cl)	Trazas
Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0,77
Perdida de calcinación	1,27
<b>Residuo insoluble</b>	<b>77,31</b>

**Fuente: Mauricio (2004)**

## **PROPIEDADES FÍSICAS**

La caracterización física de las cenizas volantes engloba análisis de humedad, pérdida por calcinación, densidad, porosidad, determinaciones del área superficial, análisis del tamaño del grano, y el estudio morfológico por microscopía.

Se estudiaron estos parámetros debido a su importancia en la radiactividad de cenizas volantes y síntesis de zeolitas. A continuación se muestran las técnicas analíticas empleadas para cada determinación:

La humedad y la pérdida por calcinación se determinaron a 105 y 1050 °C, siguiendo la norma ASTM C618-92, en el instituto de ciencias de la tierra “Jaume Almera” del CSIC.

La distribución del tamaño del grano de las cenizas volantes fue analizada por un espectrómetro laser mediante un equipo Malvern. Que determina el tamaño de partículas en suspensión entre un rango de 0.1 a >600  $\mu\text{m}$ . Para lograr la suspensión de las partículas, las muestras se introducen previamente en un baño de ultrasonido de etanol, y no en agua para evitar la disolución de sales presentes en las cenizas volantes.

Los valores de densidad real ( $d_t$ ) de las cenizas volantes se determinaron mediante un picnómetro de helio, del Servei Científic-Tècnic de la Universidad de Barcelona, mientras que los de densidad aparente ( $d_a$ ) mediante la metodología de la norma NLT-176/74, basada en la sedimentación de materiales pulverulentos de teluonóm.

La morfología de las diferentes muestras se conoció gracias al estudio de microscopía electrónica.

## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CENIZAS**

Dentro de las características físicas de las cenizas, las más importantes son, tal vez, las relacionadas con su finura: superficie específica, residuos sobre tamices y, sobre todo, granulometría.

Parece ser que la finura de una ceniza, en relación con sus propiedades y comportamiento, queda mejor definida por el valor de su residuo en un tamiz, que por su superficie específica, pues siendo ambos valores numéricos únicos, el de la segunda es mucho menos reproducible (o no lo es en absoluto), ya que se ve muy afectado por el contenido de partículas de carbón poroso en las cenizas, el cual perturba por su capacidad de adsorción. Por ello se recurre, en la caracterización de las cenizas por su finura, al residuo sobre el tamiz de 45  $\mu\text{m}$ , efectuando el tamizado, bien en seco, o bien en húmedo, o por lavado con acetona que es más rápido. Cada ceniza de cada origen tiene sus propias características, y a veces un residuo bajo en tamiz de 45 $\mu\text{m}$ , corresponde a una superficie específica baja, ya que en ésta inflúyela densidad de la ceniza y el error (humano) inherente a su determinación. El residuo sobre tamiz de 45 $\mu\text{m}$ , garantiza, pues, una mayor reproducibilidad, sin perjuicio de que permite acusar la variabilidad de las cenizas de una misma procedencia.

La acción positiva de una ceniza, en cuanto a resistencia de morteros, se ha visto ser inversamente proporcional a su residuo sobre el tamiz de 45 $\mu\text{m}$ .

En todo caso, la mayor influencia de las cenizas en su comportamiento con los cementos y en los hormigones es atribuida, en general, a la finura.

Los criterios limitativos del residuo sobre tamiz de 45 $\mu\text{m}$  son variables, señalando algunos, un residuo menor de 12,5 %, y otros aceptando valores entre 20 y 50 %.

En cuanto a la densidad, las cenizas menos densas son las de mayor proporción de partículas a veces huecas, las cuales contienen carbono, casi todo él amorfo, y a su vez con superficie específica y capacidad de adsorción variables.

Esto no sólo influye en los valores irreproducibles hallados en la determinación de la superficie específica en otras basadas en adsorción de gases, sino que influye asimismo y mucho en la adsorción y rendimiento y comportamiento de los aditivos fluidificantes y súper plastificantes del hormigón (en dependencia también de éstos), provocando variaciones incontrolables e incontroladas, tanto en el contenido de aire ocluido por el hormigón, como en la geología, fluidez y trabajabilidad del mismo.

Otro parámetro ligado a la densidad aparente, en este caso de las cenizas es su peso del litro, cuyo valor está relacionado, a través de la forma y tamaño de las partículas, y de la proporción de cenosferas, con la fluidez que las cenizas son capaces de conferir a los hormigones. En efecto, la fluidez es mayor cuanto mayor es el peso del litro: mayor número de partículas más pequeñas y con mayor poder dispersante; y también cuanto mayor es el contenido de partículas esféricas, sobre todo para relaciones agua/conglomerante bajas.

### **ACTIVIDAD PUZOLANICA**

Una puzolana es un material, natural o artificial que contiene en su mayoría silicio y o silicio y aluminio, el conjunto de estos varía entre 70 y 80%, lo que les da un carácter ácido y en consecuencia una afinidad por la cal (tendencia a combinarse con la cal en presencia del agua a temperatura ambiente), además de ser un material de alta reactividad.

La puzolana finamente molida y en presencia de humedad reacciona con el hidróxido de calcio dando lugar a una nueva formación de compuestos estables, poco solubles en el agua y con características cementantes, capaces de desarrollar resistencia por endurecimiento hidráulico.

Sin embargo, la puzolana por sí sola tiene un valor cementante nulo o muy pequeño.

Todas las puzolanas naturales, (calcinadas o no) y algunos subproductos industriales tales como las cenizas volantes de bajo contenido en calcio se adaptan a la definición de puzolana, lo contrario de algunas adiciones como las cenizas volantes SILICOCALCICAS y escorias que tienen un alto contenido de óxido de calcio entre 10% a 40%, si dicho calcio tiene una reacción puzolánica, el material llega a tener propiedades cementantes por sí mismo y no cabría en el concepto de puzolana dado sino sería un material “puzolánico y cementante”.

Se sabe que las cenizas volantes producidas por las centrales térmicas presentan numerosas similitudes con las puzolanas de origen volcánico, tales

como: analogías físicas, químicas y a veces granulométricas, estas cenizas volantes vienen a ser una especie de puzolanas artificiales.

### **CLASIFICACIÓN DE LAS CENIZAS VOLANTES.**

Basándose en su composición química, que principalmente depende del tipo de carbón utilizado, las cenizas volantes se dividen en dos tipos, y su diferencia principal es el contenido de calcio:

- Clase F: Llamada también SILICOALUMINOSAS, contiene normalmente menos del 10% (óxido de calcio), que proviene de la combustión de antracita y carbones bituminosos.
- Clase C: Llamada también SILICOCALCICAS, contiene usualmente entre 15 a 35% de CaO (óxido de calcio) a veces más del 40% y proviene primordialmente de la combustión de lignito y carbones subbituminosos.

En esta investigación se usó la cenizas de Clase F, porque tienen propiedades puzolánicas muchas veces mayores que muchas puzolanas naturales y artificiales, estas cenizas volantes son capaces de reaccionar con el hidróxido cálcico ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), liberado en la reacción de hidratación de cemento portland, mejorando las características del concreto.

### **CONCRETO CON CENIZA VOLANTE.**

Existen distintos tipos de carbón que son utilizados y ello conlleva a diferentes calidades de cenizas volantes, algunas de estas debido a sus propiedades puzolánicas mediante ensayos han demostrado ser útiles en la fabricación de concreto. Estas influyen en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, como la cantidad de agua a utilizarse en la mezcla, el tiempo de fraguado, resistencia a la compresión entre otras.

La ceniza volante tiene una menor gravedad que el cemento. Por lo tanto, cuando las cenizas volantes se utilizan para reemplazar una parte de cemento en una unidad

de volumen de concreto la cantidad de pasta aumentara. En muchos casos, las cenizas volantes pueden ser usadas como una adición o como un material de sustitución. Esto dará lugar a un mayor aumento en volumen de pasta para un contenido de agua dado. Por lo general, este aumento de volumen de pasta produce un concreto con mayor plasticidad y una mejor cohesión.

### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE LA CENIZA VOLANTE EN EL CONCRETO.**

#### **VENTAJAS:**

- Incrementa la resistencia a la compresión del concreto.
- Presentan una cantidad menor de volúmenes de agua exudada.
- Mayor durabilidad en pruebas del ASR (ataque de álcali - sílice).
- Menor calor de hidratación evitando contracciones y fisuraciones que afectan la calidad del concreto.
- Menor contracción por secado.
- La sustitución de ceniza reduce los costos del m<sup>3</sup> de concreto.
- Ya que las cenizas volantes son un desecho de las fábricas que utilizan carbón y las centrales termoeléctricas, al usar en la manufactura del concreto es un apoyo para el medio ambiente ya que disminuye el espacio en los vertederos y ayuda a disminuir la contaminación.

#### **DESVENTAJAS.**

- Con cenizas volantes no bien quemadas, disminuye su actividad puzolánica por lo tanto disminuye el índice de resistencia.
- Las cenizas volantes son un desecho de los hornos por lo que no se controla la calidad de las mismas eso da variabilidad en el diseño de mezcla, en el Perú.
- No se asegura un volumen de producción de cenizas volantes regular, en el Perú, como para poder usar de manera continua.



## **PROPIEDADES DE LA CENIZA VOLANTE EN EL CONCRETO**

### **PROPIEDADES EN EL ESTADO FRESCO.**

#### **TRABAJABILIDAD.**

Es la facilidad con la que pueden mezclarse los materiales y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse, colocarse y compactarse sin perder la homogeneidad de la mezcla, es un método indirecto para medir la fluidez y consistencia del concreto se realiza por medio del ensayo del cono de Abrams. La ceniza volante típicamente tiene un peso específico menor que el cemento. Por lo tanto, cuando la ceniza volante se utiliza para sustituir una parte del cemento en una unidad de volumen de concreto, la cantidad de pasta se incrementará. En muchos casos, las cenizas volantes se pueden utilizar como una adición o como un reemplazo. Esto dará lugar a un mayor aumento en volumen de pasta para un contenido de agua dado. Por lo general, este aumento de volumen de pasta produce un concreto con mayor plasticidad y una mejor cohesión. Además, el aumento en el volumen de los finos de ceniza volante puede compensar agregado fino deficientes. Las cenizas volantes cambia el comportamiento del flujo de la pasta de cemento. La forma generalmente esférica de las partículas de ceniza volante normalmente permite que el agua en el concreto se reduzca sin afectar su trabajabilidad.

#### **EXUDACIÓN**

Es la elevación de parte del agua de la mezcla hacia la superficie, debido generalmente a la sedimentación de los agregados y del cemento, esto inicia después que se coloca la mezcla en el encofrado y dura hasta que empieza el fraguado. La exudación normal pero debe evitarse su exceso cuidando la relación agua/cemento de la mezcla.

El uso de cenizas volantes en las mezclas de concreto por lo general reduce la exudación, proporcionando una mayor superficie de partículas sólidas y que requieren un menor contenido de agua.

## **SEGREGACIÓN.**

Es la descomposición mecánica de la mezcla de concreto en estado fresco en sus partes constituyentes (cuando el agregado grueso se separa del mortero). La segregación da lugar a concretos menos durables y más débiles.

La ceniza volante ayudan para que el concreto no presente segregación. Para las mezclas deficientes en los tamaños más pequeños de agregado fino o de bajo contenido en cemento, la adición de ceniza volante hará que el concreto o mortero se vuelva más cohesiva y menos propenso a la segregación y exudación. Además, la forma esférica de las partículas de ceniza volante sirve para aumentar la trabajabilidad y facilita el bombeo por la disminución de la fricción entre las partículas del concreto.

## **TIEMPO DE FRAGUADO.**

Es la determinación del tiempo que pasa desde la adición del agua a la mezcla hasta que la mezcla pierde la viscosidad (fraguado inicial) donde la mezcla esta semidura y un poco hidratada, cuando la mezcla deja de deformarse con cargas relativamente pequeñas se vuelve rígida (tiempo de fragua final), el tiempo de fraguado nos da una idea de cuánto tiempo tenemos para disponible para mezclar, transportar, colocar, vibrar y apisonar el concreto, también el tiempo mínimo para transitar sobre ellos y para empezar a curar. Este ensayo se realizará con un penetrómetro.

El uso de cenizas volantes puede extender el tiempo de fraguado, se encontró que la clase F cenizas volantes retrasa el inicio de hidratación. Las características de fraguado del concreto se ven influidos por la temperatura ambiente y la temperatura del concreto; cemento tipo, el contenido de finos, contenido de agua. Cuando estos factores se les dá la debida consideración en la dosificación mezcla de concreto. El efecto real de una ceniza volante dado en el tiempo de ajuste se puede determinar mediante el ensayo cuando se necesita una determinación precisa o por la observación cuando una determinación menos precisa es aceptable.

## **TEMPERATURA.**

La temperatura influye en la calidad del concreto, en el tiempo de fraguado y resistencia del concreto, el concreto con temperatura Inicial alta, alcanzará posiblemente una resistencia superior a normal a tempranas edades y más baja de lo normal a edades tardías, su calidad final del concreto disminuirá. Pero cuando las temperaturas iniciales son bajas desarrolla su resistencia a más lentamente, y finalmente tendrá más resistencia y será de mayor calidad.

La temperatura de concreto está en función a la ubicación de donde se realice la mezcla, ya que este va depender de las temperaturas iniciales de sus componentes como el cemento, agua, agregado grueso y agregado fino, obteniendo con el mezclado de sus componentes la temperatura final del concreto.

La temperatura con adición de cenizas volantes debería bajar a comparación de la temperatura ambiente.

La temperatura de concreto está en función a la ubicación de donde se realice la mezcla, ya que este va depender de las temperaturas iniciales de sus componentes

## **PESO UNITARIO.**

Este ensayo nos ayuda a conocer la densidad del concreto en estado fresco, el rendimiento de la mezcla y el contenido de aire en la mezcla de concreto. Según norma ASTM C- 138.

La densidad del concreto varía dependiendo de la fineza de las cenizas volantes, cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido, y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad.

Con las cenizas volantes el concreto aumenta su volumen de lechada por unidad de peso con menor cantidad de agua, esto mejora la densidad y aumenta la cohesión en la mezcla de concreto con menor exudación.

## **RAZONES DE EMPLEO**

Los residuos de combustión del carbón contienen más del 70% de material sílico-aluminoso vítreo lo cual hace posible que sean utilizados como materia prima para rellenos inertes y funcionales, adsorbentes, inmovilizadores, y materiales de construcción de alto valor. Mientras que los componentes indeseables como los metales pesados están presentes tan solo como trazas, con excepciones muy puntuales. Tradicionalmente estos productos de combustión son utilizados como materiales de construcción en obras de ingeniería ya que una de las propiedades más importantes de las cenizas volantes es su carácter puzolánico, es decir, su capacidad para combinarse con la cal para formar un aglomerado hidráulico.

Por ello los cementos a partir de cenizas volantes tienen un poder de retención de agua excepcional y un elevado poder aglomerante. Además este modo de reutilización de las cenizas volantes permite reducir la emisión de CO<sub>2</sub> que se generaría al producir la fracción de cemento sustituido por las cenizas volantes, al mismo tiempo que se reduce el consumo de materias primas naturales.

La utilización de cenizas volantes en la fabricación de hormigón tiene como finalidad la reducción de la cantidad de cemento. La sustitución de una fracción del cemento del hormigón por cenizas volantes resuelve satisfactoriamente este problema. Así pues, las cenizas volantes pueden utilizarse en el hormigón de dos maneras: como elementos activos, aprovechando su carácter puzolánico, o como elemento inerte es decir, como árido.

Las cenizas se incorporan al hormigón para mejorar la granulometría de la arena, para formar parte del conglomerante como producto cementicio o para ambas finalidades. Tanto si las cenizas volantes se incorporan para sustituir al cemento, o al árido, éstas deben cumplir todas las normas UNE (UNE 83.275/87, UNE 83.415/87) y además la Norma UNE 83.414/90 tiene recomendaciones para la adición de cenizas volantes a los hormigones.

También pueden utilizarse cenizas volantes como materiales de relleno y firmes de carreteras solas, o bien mezcladas con cal y cemento, que estabilizan el subsuelo en obras de ingeniería civil. Para este uso se necesitan pequeñas cantidades de cenizas.

Según la norma técnica peruana 334.090 nos indica lo siguiente:

**Tabla N°07 Requisitos para concreto expuestos a productos químicos descongelantes.**

<b>Materiales cementantes</b>	<b>Porcentaje Máximo del total de materiales cementantes en peso</b>
Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen la NTP 334.104.	25
Escoria que cumple ASTM C 989.	50
Micro sílice que cumple la NTP 334.087	10
Total de ceniza volantes u otras puzolanas, escoria y micro sílice.	50**
Total de cenizas volantes u otras puzolanas y micro sílice.	35**

**Fuente: Reglamento Nacional de edificaciones 2018.**

## **APLICACIONES DE LAS CENIZAS VOLANTES EN EL PERÚ.**

En 2006 se realizó el vaciado de concreto auto compactado con cenizas volantes por parte de la empresa UNICON en el siguiente proyecto: TAPÓN DE DECANTAMIENTO FASES 1 Y 2. Este producto se realizó a pedido de la empresa “Compañía Minera Antamina S.A.” en el “Centro Minero Antamina”.

La construcción del Tapón Definitivo del “Decant Tunnel” fue ejecutado por un equipo constituido por personal de las Empresas Golder, Cosapi y Antamina, quién lidero el proyecto. El objetivo principal fue el terminar la construcción del tapón y todos aquellos trabajos relacionados, en el interior de dicho túnel.

El proyecto incluyo la instalación del sistema eléctrico para suministro de energía, sistemas de iluminación, ventilación y comunicación; el desvío y canalización de las aguas limpias y contaminadas que escurren en el interior del túnel; preparación de la superficie existente para recibir el concreto del tapón; el mantenimiento y finalmente, la conservación del medio ambiente mediante un sistema de pozas decantadoras. El

tapón fue de concreto armado con una longitud de 31 metros (353 m<sup>3</sup>) que se ejecutó en 4 etapas.

En el mismo año se ha vaciado en el laboratorio Ancheta, Obras propias, donde se utilizó concreto con cenizas volantes para las distintas resistencias.

Entre el año 2003 y 2004 la empresa MIXERCON, ha vaciado por todo un año concreto con cenizas volantes en el pavimento de la avenida Canadá en Lima-Perú, entre otras obras que realizó todo ese año ya que lo usó para toda clase de estructuras, la adición de cenizas al concreto se dio entre el 8% y 10% de cenizas, se dejó de usar las cenizas por su variabilidad en composición química, su variación de carbón.

#### **RESERVAS DE CENIZAS VOLANTES A NIVEL LOCAL**

La producción de los residuos de las fábricas en el departamento de Ancash provincia del Santa, cuya producción se orienta a las industrias de harina de pescado. En el 2016 en Ancash se obtuvo 16.4 toneladas métricas que dieron una producción de 107.61 mil toneladas, representando el 9 por ciento del total nacional.

#### **Tabla N°8. Producción de ceniza Volátil en Ancash**

**Tabla taN°09: Producción de cenizas volantes a nivel local**

Región	Producción (t)				Rendimiento (t/m)						
	2015	2016	Var. %	Part % 2016	2015	2016	Var. %	Part % 2016			
<b>Ancash</b>	16,251	16,440	1	6	118,914	107,605	-10	9	7	7	-11

**Fuente: INE-Elaboración de estudios económicos (2016)**

## ACCESO

La empresa pesquera denominada “Centinela “se encuentra ubicada en localidad:  
A.H. 27 de octubre

- Región : Áncash.
- Provincia : Santa
- Distrito : Chimbote.

Se encuentran en abundancia ubicados en dicha zona, luego de ser extraídos por la calcinaron en la fábrica de pescado, la empresa pesquera desecha de las calderas, donde se extraen cenizas volantes, teniendo un fácil acceso a ellas para su recolección.

Para esta investigación se extrajo la ceniza volante de la fábrica pesquera ubicada en Chimbote en la localidad de A.H 27 de octubre con Coordenadas elevación: 9 msnm, Sur: 9°06'43.99" Oeste: 78°33'25.90"

## OPERACIONALIZACION DE VARIABLE:

**Tabla N°9 VARIABLE DEPENDIENTE:**

VARIABLE	DEFINICION		INDICADOR
	CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	
Resistencia del concreto	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento	La resistencia a la compresión de un concreto $F'c=275\text{kg/cm}^2$ se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.	$\text{Kg/cm}^2$

**Fuente: el autor.**

**Tabla N°10 VARIABLE INDEPENDIENTE:**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>
Cenizas volátiles como sustituto del cemento	Agregado reciclado grueso: es aquel agregado que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene del chancado de RCD  Cenizas volátiles: subproducto de calcinación con características puzolánicas, contiene sílice o alumino-sílice y tiene características similares al cemento.	%

**Fuente: el autor.**

## **HIPOTESIS**

La sustitución del 20% y 25% al cemento por cenizas volantes en un concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> mejoraría su resistencia.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la “resistencia” de un concreto sustituyendo al cemento en un 20% y 25% por cenizas volantes, en comparación a un concreto convencional  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la composición química de las cenizas volantes activadas térmicamente a través de un análisis de fluorescencia de rayos X dispersiva en energía (FRXDE).
- Determinar el pH del diseño patrón y experimental de la mezcla (cemento-ceniza volante).



- Determinar el peso específico de la mezcla patrón y experimental (cemento-ceniza volante).
- Determinar la relación A/C para la mezcla de concreto patrón y experimentales.
- Determinar la resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 días del concreto patrón y experimental.
- Analizar y comparar resultados para determinar el grado de relación y variación entre la resistencia y los porcentajes de sustitución de las cenizas volantes, mediante la validez estadística.

## II. METODOLOGIA

### METODOLOGÍA DE TRABAJO

#### DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Es un diseño experimental del tipo en probetas al azar, porque estudiaremos la resistencia del concreto convencional en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de un porcentaje de cenizas volantes en 20% y 25%. El estudio en su mayor parte se centrará en los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos, de acuerdo a lo planeado en los objetivos.

#### BLOQUE COMPLETO AL AZAR:

El diseño experimental de Bloque completo al azar, tiene la siguiente configuración:




























DÍAS DE CURADO	Resistencia de un concreto $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 0% y 25% por cenizas volantes.								
	0 %			20 %			25%		
07 DIAS									
14 DIAS									
28 DIAS									

Fig. N° 4: Cantidad de Probetas de la Investigación.

Fuente: El Autor

#### POBLACIÓN Y MUESTRA

Conjunto de probetas con diseño capaz cumplir las condiciones de resistencias indicadas de acuerdo a las normas técnicas peruanas. Para este estudio se trabajará con una muestra de 18 probetas con  $f'c= 175\text{kg/cm}^2$  de dimensiones  $10 \times 20 \times 6\text{cm}^3$ , 9 probetas patrón y 9 probetas experimentales con sustitución del

20% y 25% de cenizas volantes. Para la elaboración de las unidades de estudio (probetas) se utilizaron las siguientes referencias:

- Cenizas volantes
- Agregados naturales de la cantera de “Rubén”. El material será llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad.
- Cemento portland Tipo I de la marca “Sol”.

**Tabla N°11 Técnicas e instrumentos de investigación**

<b>TECNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>Observación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guía de observación Resumen.</li> <li>- Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.</li> </ul>

**Fuente: el autor**

Se utilizará como instrumento una guía de observación resumen, que 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**

Se recolecto cenizas volantes en la industria pesquera denominada “Centinela” ubicado en Chimbote-Ancash se recolecto aproximadamente 30kg.

Luego de ello se realizó los ensayos de los agregados para caracterizar cada uno de ellos y luego realizar el ensayo de la compresión.

Los datos recolectados, mediante el método de la experimentación, se procederá a procesarlos mediante los programas Excel y SPSS. Para el análisis se aplicará los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales para la presentación, descripción, análisis e interpretación de datos obtenidos en la observación por cada indicador ensayado. Los datos serán analizados con una tabla, gráfico, media, varianza, porcentajes y con una prueba de hipótesis ANOVA.

Teniendo en cuenta así que los materiales que se usó en nuestro diseño de probetas de concreto necesitaron ser evaluados por una serie de ensayos ya que determinaron si los materiales eran buenos para nuestra mezcla de concreto a utilizar, por ello se tomó en cuenta los siguientes ensayos:

Ensayos que se realizó al concreto convencional y al concreto experimental sustituido en 20% y 25% del cemento por cenizas volantes, curado, tiempo de fraguado, relación de agua / cemento (a/c), tipo de cemento, tipo de agregados, tipo de agua de mezcla.

Los Instrumentos se tomaron con respecto a los siguientes ensayos:

- Ensayo Granulométrico del Agregado fino
- Ensayo Granulométrico del Agregado grueso
- Ensayo de Gravedad Específico y Absorción del Agregado Fino
- Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso
- Ensayo de Peso Unitario del Agregado Fino
- Ensayo de Peso Unitario del Agregado Grueso
- Contenido de Humedad del Agregado Fino
- Contenido de Humedad del Agregado Grueso
- Diseño de Mezcla.
- Prueba de Asentamiento del concreto.
- Elaboración de Especímenes de concreto.
- Curado de Especímenes de concreto.
- Ensayo a la compresión de los especímenes (Rotura).

Los instrumentos para las cenizas volantes fueron tomados con respecto a los siguientes ensayos:

- Ensayo de alcalinidad de la ceniza volantes y su mezcla con los porcentajes de 20% y 25% de sustitución del cemento Portland Tipo I.
- Ensayo de Fluorescencia de Rayos X dispersiva en energía de la Ceniza volante, para determinar sus componentes Químicos en óxidos.

- Ensayo de Peso Específico de la mezcla (20% y 25% ceniza volantes y cemento).

La Guía de Registro realizados, para ver el avance de los especímenes de concreto se tomó de acuerdos a los 7, 14 y 28 días.

Para los cálculos y para el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio mecánica de suelos se calculó e interpretó con la ayuda de los programas informáticos como el Excel.

## **PROCESO Y ANÁLISIS DE DATOS**

### **Recolección de cenizas volantes**

Las cenizas volantes fueron la materia prima base de la presente investigación, éste material permitió obtener la ceniza necesaria para usarlas en mezclas de concreto con una dosis de ceniza de 20% y 25%, como sustitución a la cantidad del cemento Portland.

El material fue extraído de la fábrica pesquera de la localidad de Chimbote, localidad de: A.H. 27 de octubre con coordenadas elevación: 9 msnm, Sur: 9°06'43.99" Oeste: 78°33'25.90".

### **Recolección De Agregados:**

Se recolectó el agregado fino (Arena) y el agregado grueso (piedra) de la Cantera "Rubén", ubicada en la zona Nor-Oeste de la ciudad de Chimbote, colindante con el cerro de la juventud, perteneciente al Distrito de Chimbote, en la Carretera Panamericana Norte Km. 436 Zona Industrial los Pinos (Antes del Túnel de Coishco).

### **Fluorescencia De Rayos X dispersiva en energía (FRXDE):**

El ensayo de Fluorescencia de Rayos X, sirvió para determinar la composición química del material (Ceniza volantes activada), este ensayo se realizó en la facultad de ciencias físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima.

Procedimiento:

1°) Molienda de las cenizas volantes activadas, este proceso se realizó manualmente con la ayuda de un mortero acrílico, con el fin de darle una finura similar al cemento.

2°) Tamizado del material que consistió en pasar la muestra por la malla organza y posteriormente por la malla #200.

Considerando que la ceniza volante es un sustituto parcial del cemento Portland tipo I, en este estudio se procuró que el tamaño de las partículas de ambos componentes fuesen lo suficientemente similares, por lo tanto, se procedió a tamizar con el fin de obtener una partícula con un diámetro menor a 75 micras, es decir, que resulte del pasante de la malla No. 200 con el fin de garantizar una óptima interacción de las partículas del cemento y las puzolanas.

#### **Ensayo de PH:(Cenizas volantes y Mezcla):**

El ensayo de pH, sirvió para medir la intensidad ácida o alcalina del material (ceniza volantes activada), este ensayo se realizó en el laboratorio Químico - Chimbote. La escala de pH va de 0 a 14, siendo acida las sustancias con  $pH < 7$  y alcalinas las  $pH > 7$ , el  $pH = 7$  es neutro.

Se ensayaron tres muestras, se procedió a pesar de 10 gr de ceniza volantes activada, 10gr de mezcla (20% ceniza volantes activada y 80% cemento) y 10 gr de mezcla (25% ceniza volantes y 75% de cemento) para el ensayo de pH.

#### **ENSAYOS AGREGADO FINO (ARENA):**

Los agregados que se utilizó en nuestro diseño de mezcla de concreto fueron evaluados por una serie de ensayos ya que estos determinaron si son aptos para nuestra mezcla de concreto.

Por ello se realizó en el Laboratorio de Mecánica Suelos de la universidad San Pedro los siguientes ensayos a la arena:

- Ensayo Granulométrico del Agregado Fino.
- Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino
- Ensayo de Peso Unitario (Suelto y compactado) del Agregado Fino
- Contenido de Humedad del Agregado Fino.

### **ENSAYOS AGREGADO GRUESO (PIEDRA)**

Los agregados que se utilizó en nuestro diseño de mezcla de concreto fueron evaluados por una serie de ensayos ya que estos determinaron si estos eran aptos para nuestra mezcla de concreto.

Por ello se realizó en el Laboratorio de Mecánica Suelos de la universidad San Pedro los siguientes ensayos al agregado grueso (piedra):

- Ensayo Granulométrico del Agregado Grueso.
- Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso.
- Ensayo de Peso Unitario (Suelto y compactado) del Agregado Grueso.
- Contenido de Humedad del Agregado Grueso.

### **ELABORACION DE PROBETAS PATRON**

Para la elaboración de las probetas de concreto patrón  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> se utilizó cemento Portland Tipo I Pacasmayo, y agregados de la cantera Rubén y agua de acuerdo a las proporciones del diseño de mezcla calculado, y moldes de forma cilíndrica para la elaboración de los especímenes.

En todo el proceso se realizó una serie de actividades las cuales guardaron estrecha relación entre sí; las cuales se realizaron cuidadosamente para lograr un buen producto final en este caso las probetas de concreto y se detallan a continuación:

**Procedimiento:**

Pesado de los componentes de la mezcla (arena, piedra, cemento, agua): de acuerdo a las proporciones del diseño de mezcla de concreto. se realizó el peso exacto de cada uno de los materiales con la ayuda de una balanza electrónica.

1. Mezclado de los materiales: la mezcla de concreto se realizó con la ayuda de una mezcladora realizando un adecuado mezclado de los componentes del concreto.
2. Slump del concreto fresco: a la mezcla de concreto se le realizó el Slump en donde para una mezcla de consistencia plástica se recomienda un asentamiento de 3" a 4", obteniéndose para esta el concreto patrón un Slump de 3.5" con una relación  $a/c=0.75$
3. Colocación de la mezcla en los moldes: se procedió a colocar la mezcla en tres capas varillando 25 veces por capa y golpes con ayuda de un martillo de goma por el contorno de los moldes con el fin de eliminar burbujas de aire y realizar un correcto vaciado de la mezcla.
4. Desencofrado de probetas: al finalizar el llenado y darles el acabado a las probetas se procedió a desmoldarlas luego de 24 horas.
5. Curado de probetas: luego de desencofrar las probetas y estar el concreto en estado endurecido, se procede a realizar el respectivo curado de los especímenes en sumersión en agua.
6. Dimensiones y Pesado de los Especímenes: se procedió a tomar las medidas de los diámetros de cada probeta y su respectivo peso.

**ELABORACION DE PROBETAS EXPERIMENTALES 20%**

Para la elaboración de las probetas de concreto experimentales  $f^c=175 \text{ kg/cm}^2$  se utilizó cemento Portland Tipo I Pacasmayo, cenizas de hojas de maíz y agregados de la cantera Rubén y agua de acuerdo a las proporciones del diseño de mezcla calculado, y moldes de forma cilíndrica para la elaboración de los especímenes.



En todo el proceso se realizó una serie de actividades las cuales guardaron estrecha relación entre sí; las cuales se realizaron cuidadosamente para lograr un buen producto final en este caso las probetas de concreto y se detallan a continuación:

**Procedimiento:**

- 1) Pesado de los componentes de la mezcla (cemento, ceniza volante, arena, piedra, agua) de acuerdo a las proporciones del diseño de mezcla de concreto.
- 2) Mezclado de la ceniza y el cemento: que consistió en combinar el cemento con la ceniza volante en sustitución del 20%.
- 3) Este mezclado se realizó por partes, es decir se dividió en partes iguales tanto el peso del cemento y la ceniza y se iban mezclando una por una, esto se realizó para lograr un mejor mezclado cemento-ceniza y una mayor reactividad de la ceniza.
- 4) Mezclado de los materiales: la mezcla de concreto se realizó con la ayuda de una mezcladora realizando un adecuado mezclado de los componentes del concreto.
- 5) Slump del concreto fresco: a la mezcla de concreto se le realizó el Slump en donde para una mezcla de consistencia plástica se recomienda un asentamiento de 3" a 4".obteniendo para el experimental 20% un Slump de 3.5". Con una relación a/c=0.75
- 6) Colocación de la mezcla en los moldes: se procedió a colocar la mezcla en tres capas varillando 25 veces por capa y golpes con ayuda de un martillo de goma por el contorno de los moldes con el fin de eliminar burbujas de aire y realizar un correcto llenado de la mezcla
- 7) Desencofrado de probetas: al finalizar el llenado y darles el acabado a las probetas se procedió a desencofrarlas luego de 24 horas.
- 8) Curado de probetas: luego de desencofrar las probetas y estar el concreto en estado endurecido, se procedió a realizar el respectivo curado en sumersión en agua.

- 9) Dimensiones y Pesado de los Especímenes: se procedió a tomar las medidas de los diámetros de cada probeta y su respectivo peso.

### **ELABORACION DE PROBETAS EXPERIMENTALES 25%**

Para la elaboración de las probetas de concreto experimentales  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> se utilizó cemento Portland Tipo I Pacasmayo, cenizas volantes y agregados de la cantera Rubén y agua de acuerdo a las proporciones del diseño de mezcla calculado, y moldes de forma cilíndrica para la elaboración de los especímenes.

En todo el proceso se realizó una serie de actividades las cuales guardaron estrecha relación entre sí; las cuales se realizaron cuidadosamente para lograr un buen producto final en este caso las probetas de concreto y se detallan a continuación:

#### **Procedimiento:**

- 1) Pesado de los componentes de la mezcla (cemento, ceniza, arena, piedra, agua) de acuerdo a las proporciones del diseño de mezcla de concreto.
- 2) Mezclado de la ceniza y el cemento: que consistió en combinar el cemento con la ceniza volantes en sustitución del 25 %.
- 3) Este mezclado se realizó por partes, es decir se dividió en partes iguales tanto el peso del cemento y la ceniza y se iban mezclando una por una, esto se realizó para lograr un mejor mezclado cemento-ceniza y una mayor reactividad de la ceniza.
- 4) Mezclado de los materiales: la mezcla de concreto se realizó con la ayuda de una mezcladora realizando un adecuado mezclado de los componentes del concreto.
- 5) Slump del concreto fresco: a la mezcla de concreto se le realizó el Slump en donde para una mezcla de consistencia plástica se recomienda un asentamiento de 3" a 4".obteniendo para el experimental 25% un Slump de 3.5" este Slump se logró al aumentar la relación agua cemento a 1.15 agregando agua en 50 mililitros por probeta.

- 6) Colocación de la mezcla en los moldes: se procedió a colocar la mezcla en tres capas varillando 25 veces por capa y golpes con ayuda de un martillo de goma por el contorno de los moldes con el fin de eliminar burbujas de aire y realizar un correcto llenado de la mezcla.
- 7) Desencofrado de probetas: al finalizar el llenado y darles el acabado a las probetas se procedió a desencofrarlas luego de 24 horas.
- 8) Curado de probetas: luego de desencofrar las probetas y estar el concreto en estado endurecido, se procedió a realizar el respectivo curado en sumersión en agua.
- 9) Dimensiones y Pesado de los Especímenes: se procedió a tomar las medidas de los diámetros de cada probeta y su respectivo peso.

## **ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

El ensayo de compresión consistió en llevar las probetas a la falla y registrar la carga de rotura en el área de contacto, para determinar el esfuerzo de compresión.

Dicho ensayo se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro Chimbote, tanto para las probetas patrón y experimentales a las edades de 7,14 y 28 días.

Procedimiento:

- 1) El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.
- 2) Las muestras se deben mantener húmedas utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas. Se deberán ensayar en condición húmeda.
- 3) Colocación de la Muestra: Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior. Se

limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior.

Se alinea cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se debe rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida.

### III: RESULTADOS

#### RESULTADOS ENSAYO DE FLUORESCENCIA RAYOS X DISPERSIVA EN ENERGÍA (FRXDE) CENIZA VOLANTES

Tabla N° 12: Resultados Composición Química en Óxidos de la ceniza volantes.2018

Oxido	% masa
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.620
SiO <sub>2</sub>	54.870
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.010
SO <sub>2</sub>	3.571
ClO <sub>2</sub>	0.004
K <sub>2</sub> O	0.012
CaO	1.264
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.100
CrO	0.003
MnO	0.007
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.707
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.370
CuO	0.005
ZnO	0.008
BaO	0.017
Sub total	86.568
Otros	13.432
Total	100.000

Fuente: Laboratorio de Arqueometría -Universidad Mayor de San Marcos.

#### RESULTADOS ENSAYO PH

Tabla N° 13: Resultados de ensayos que determino e PH.

Muestra	PH
Cenizas volantes	12.48
Cenizas volantes 20% + cemento 80%	12.80
Cenizas volantes 25% + cemento 75%	13.10

Figura 5. Escala PH



Fuente: LABORATORIO QUIMICO

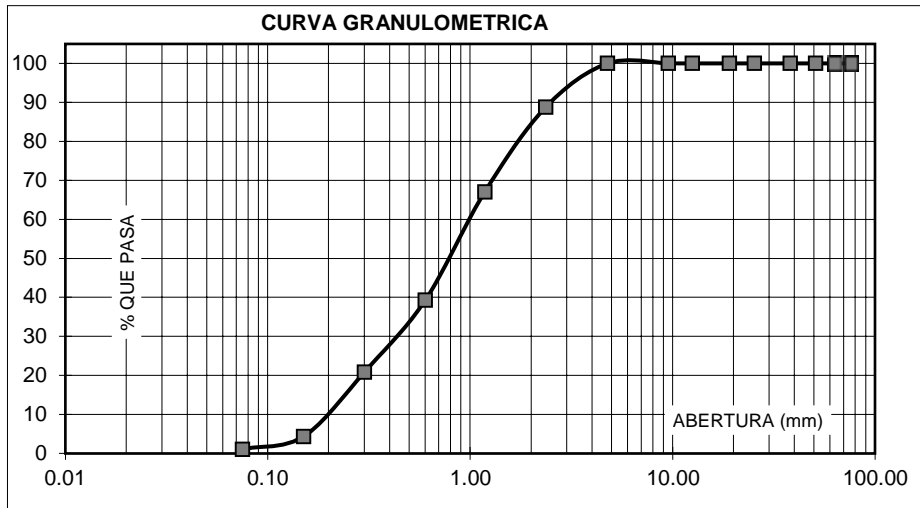
Para que un material sea alcalino su nivel de pH debe estar sobre 7, si es 7 es un material neutro y por debajo de 7 es un material ácido, por lo tanto, la cenizas volantes es un material alcalino y el cemento un material Base, esto implica que al combinarse resulten una reacción, ALCALINA lo cual representa que estos materiales tienen propiedades similares ganando siempre el que está en mayor cantidad, como en este caso el cemento es el de mayor proporción, reflejándose durante la combinación del cemento y cenizas volantes, para el proceso de elaboración de probetas. Al combinarse estos dos materiales, el color de las cenizas desapareció por completo, ya que al tratarse de una mezcla de esta combinación, esto no afecta al proceso del concreto.

## RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO AGREGADOS FINO

**Tabla N° 14: Granulometría del Agregado Fino**

N°	TAMIZ Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret.	% ret.	% Que pasa (gr.)
			Parcial (%)	Acumu. (%)	
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
⅜"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	0.0	100.0
N°8	2.36	85.0	11.2	11.2	88.8
N° 16	1.18	165.0	21.7	32.9	67.1
N° 30	0.60	210.5	27.7	60.7	39.3
N°50	0.30	140.2	18.5	79.2	20.8
N° 100	0.15	125.5	16.5	95.7	4.3
N° 200	0.08	24.4	3.2	98.9	1.1
PLATO	ASTM C- 117-04	8.2	1.1	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>758.8</b>	<b>100.0</b>		

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP.**



**Gráfico 1. Curva Granulométrica agregado Fino**  
**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP.**

**Tabla N°15. Peso unitario suelto agregado fino.**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7700	7720	7740
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4374	4394	4414
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m3 )	1569	1576	1583
Peso unitario prom. ( Kg/m3 )		1576	
Corregido por humedad		<b>1564</b>	

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**

**Tabla N°16. Peso unitario compactado agregado fino.**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8220	8255	8290
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4894	4929	4964
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m3 )	1755	1768	1780
Peso unitario prom. ( Kg/m3 )		1768	
Corregido por humedad		<b>1755</b>	

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**

**Tabla N°17. Gravedad específica y absorción del agregado fino**

Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
Peso de picnómetro + agua gr.	654.60	654.60
Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B) cm <sup>3</sup>	954.60	954.60
Peso de picnómetro + agua + material gr.	843.10	843.10
Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D) cm <sup>3</sup>	111.50	111.50
Peso de material seco en estufa gr.	296.40	296.40
Volumen de masa (E-(A-F))	107.90	107.90
P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.658	2.658
P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.691	2.691
P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.747	2.747
Absorción (%) ((D-A/A)x100)	1.21	1.21

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP****Tabla N°18. Contenido de humedad agregado fino**

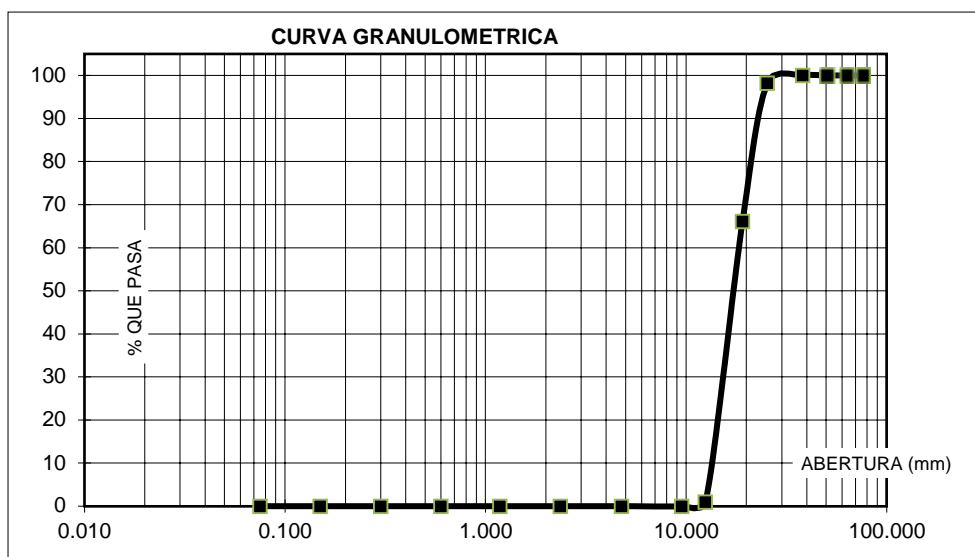
PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
Tara + suelo húmedo (gr)	655	995
Tara + suelo seco (gr)	651	989.5
Peso del agua (gr)	4.0	5.5
Peso de la tara (gr)	162.9	162.8
Peso del suelo seco (gr)	488.1	826.7
Contenido de humedad (%)	0.82	0.67
Prom. Contenido humedad (%)		0.74

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos USP.****RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO AGREGADOS GRUESO****Tabla N° 19. Granulometría del Agregado grueso.**

N°	TAMIZ Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	35.0	1.8	1.8	98.2
¾"	19.100	642.0	32.1	33.9	66.1
½"	12.500	1301.0	65.1	99.0	1.0
⅜"	9.520	20.0	1.0	100.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0	0.0
N°8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N°50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		<b>1998.0</b>	<b>100.0</b>		

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP**





**Gráfico 2. Curva Granulométrica agregado Grueso**  
**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP**

**Tabla N°20. Peso unitario suelto agregado grueso.**

<b>Ensayo N°</b>	<b>0 1</b>	<b>0 2</b>	<b>0 3</b>
Peso de molde + muestra	18150	18270	18300
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13030	13150	13180
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m3 )	1393	1406	1409
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>		1403	
Corregido por humedad		<b>1394</b>	

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**

**Tabla N°21. Peso unitario compactado agregado grueso.**

<b>Ensayo N°</b>	<b>0 1</b>	<b>0 2</b>	<b>0 3</b>
Peso de molde + muestra	20280	20095	20310
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	15160	14975	15190
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m3 )	1621	1601	1624
Peso unitario prom. ( Kg/m3 )		1615	
Corregido por humedad		<b>1605</b>	

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**

**Tabla N°22. Gravedad específica y absorción del agregado grueso.**

Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	763.20	763.20
Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	496.00	496.00
Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	267.20	267.20
Peso de material seco en estufa	759.30	759.30
Volumen de masa (C-(A-D))	263.30	263.30
P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.842	2.842
P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.856	2.856
P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.884	2.884
Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.51	0.51

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**

**Tabla N°23. Contenido de humedad agregado grueso.**

prueba n°	01	02
tara n°		
tara + suelo húmedo (gr)	940	995
tara + suelo seco (gr)	936	988.8
peso del agua (gr)	4	6.2
peso de la tara (gr)	200	166.5
peso del suelo seco (gr)	736	822.3
Contenido de humedad (%)	0.54	0.75
prom. Contenido humedad (%)		0.65

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**

## **DISEÑO DE MEZCLA PATRON $f'c=175$ kg/cm<sup>2</sup>**

### **ESPECIFICACIONES**

- Todos los procedimientos y selección de datos serán empleados por el método ACI.
- La resistencia en compresión de diseño es de 175 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7, 14, 28 días.

### **MATERIALES**

#### **A.- Cemento:**

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico = 3.08

#### **B.- Agua:**

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino: CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa	2.66
- Peso unitario suelto	1564 kg/m <sup>3</sup>
- Peso unitario compactado	1755 kg/cm <sup>3</sup>
- Contenido de humedad	0.74 %
- Absorción	1.21%
- Módulo de fineza	2.80

D.- Agregado grueso: CANTERA: RUBEN

- Tamaño máximo nominal	3/4"
- Peso específico de masa	2.84
- Peso unitario suelto	1394 kg/m <sup>3</sup>
- Peso unitario compactado	1605 kg/m <sup>3</sup>
- Contenido de humedad	0.65 %
- Absorción	0.51 %

### **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

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

### **VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

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

### **RELACIÓN AGUA-CEMENTO (MEZCLA PATRON)**

- Se obtiene una relación agua-cemento de 0.76.

## FACTOR DE CEMENTO

$$F.C.: 205/0.750 = 273.333 \text{ kg/m}^3 = 6.43 \text{ bolsas/m}^3$$

## VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento...	273.333 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva .....	207.876lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	900.354kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso...	1001.330 kg/m <sup>3</sup>

## PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{273.33}{273.33} : \frac{900.354}{273.33} : \frac{1001.33}{273.33}$$

1 : 3.29 : 3.66 : 32.32 lts / bolsa

## PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 3.14 : 3.92 : 32.32 \text{ lts/bolsa}$$

## VALORES DE DISEÑO PARA UNA PROBETA

Cemento	1.770 kg
Agua efectiva	1.358 lts
Agregado fino	5.260 kg
Agregado grueso	6.791 kg

## DISEÑO DE MEZCLA EXPERIMENTAL (20% CENIZA VOLANTE)

### ESPECIFICACIONES

- Todos los procedimientos y selección de datos serán empleados por el método ACI.
- La resistencia en compresión de diseño es de 175 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7, 14, 28 días.

## MATERIALES

### A.- Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico = 3.08

### B.- Agua:

- Potable, de la zona.

### C.- Agregado Fino: CANTERA : VESIQUE

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| - Peso específico de masa  | 2.66                    |
| - Peso unitario suelto     | 1564 kg/m <sup>3</sup>  |
| - Peso unitario compactado | 1755 kg/cm <sup>3</sup> |
| - Contenido de humedad     | 0.74 %                  |
| - Absorción                | 1.21%                   |
| - Módulo de finza          | 2.80                    |

### D.- Agregado grueso: CANTERA: RUBEN

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| - Tamaño máximo nominal    | ¾”                     |
| - Peso específico de masa  | 2.84                   |
| - Peso unitario suelto     | 1394 kg/m <sup>3</sup> |
| - Peso unitario compactado | 1605 kg/m <sup>3</sup> |
| - Contenido de humedad     | 0.65 %                 |
| - Absorción                | 0.51 %                 |

## SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

## VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

## RELACIÓN AGUA-CEMENTO

- Se obtiene una relación agua-cemento de 0.750.

### FACTOR DE CEMENTO

F.C.:  $205/0.750 = 273.333 \text{ kg/m}^3 = 6.43 \text{ bolsas/m}^3$ .

## VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	... (m <sup>3</sup> ) 0.071
20% cenizas volantes	... (m <sup>3</sup> ) 0.018
Agua efectiva	... (m <sup>3</sup> ) 0.205
Agregado fino	... (m <sup>3</sup> ) 0.336
Agregado grueso	... (m <sup>3</sup> ) 0.350
Aire	... (m <sup>3</sup> ) 0.020
	<hr/>
	1.000 m <sup>3</sup>

## PESOS SECOS

Cemento	... 218.67 kg/m <sup>3</sup>
20% cenizas volantes	... 54.667 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	... 205.00 kg/m <sup>3</sup>

Agregado fino ... 893.72 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso ... 994.88 kg/m<sup>3</sup>

### **PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento ... 218.67 kg/m<sup>3</sup>

20% cenizas volantes ... 54.667 kg/m<sup>3</sup>

Agua efectiva ... 228.58 kg/m<sup>3</sup>

Agregado fino ... 900.35 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso ... 1001.33 kg/m<sup>3</sup>

### **PROPORCIONES EN PESO:**

$$\frac{218.67}{218.67} : \frac{54.667}{218.67} : \frac{900.35}{218.67} : \frac{1001.33}{218.67}$$

1 : 0.25 : 4.12 : 4.58 : 35.54 lts / bolsa

### **PROPORCIONES EN PESO COMBINACIÓN DEL CEMENTO Y LAS CENIZAS:**

$$\frac{273.33}{273.33} : \frac{900.354}{273.33} : \frac{1001.33}{273.33} : \text{---}$$

1 : 3.29 : 3.66 : : 35.54 lts / bolsa

### **VALORES DE DISEÑO PARA UNA PROBETA**

Cemento 1.416 kg

20% Cenizas volantes 0.354 kg

Agua efectiva 1.358 lts

Agregado fino 5.260 kg

Agregado grueso 6.791 kg

Se agregó 3.22 Lt de agua por probeta, entonces nueva relación a/c=0.836.

## **DISEÑO DE MEZCLA EXPERIMENTAL (25% CENIZA VOLÁTILES)**

### **ESPECIFICACIONES**

- Todos los procedimientos y selección de datos serán empleados por el método ACI.
- La resistencia en compresión de diseño es de 175 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7, 14, 28 días.

### **MATERIALES**

#### **A.- Cemento:**

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico = 3.08

#### **B.- Agua:**

- Potable, de la zona.

#### **C.- Agregado Fino:**

CANTERA : VESIQUE

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| - Peso específico de masa  | 2.66                    |
| - Peso unitario suelto     | 1564 kg/m <sup>3</sup>  |
| - Peso unitario compactado | 1755 kg/cm <sup>3</sup> |
| - Contenido de humedad     | 0.74 %                  |
| - Absorción                | 1.21%                   |
| - Módulo de fineza         | 2.80                    |

#### **D.- Agregado grueso: CANTERA:**

RUBEN

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| - Tamaño máximo nominal   | ¾”                     |
| - Peso específico de masa | 2.84                   |
| - Peso unitario suelto    | 1394 kg/m <sup>3</sup> |



- Peso unitario compactado	1605 kg/m <sup>3</sup>
- Contenido de humedad	0.65 %
- Absorción	0.51 %

### **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

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

### **VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

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

### **RELACIÓN AGUA-CEMENTO**

- Se obtiene una relación agua-cemento de 0.750.

### **FACTOR DE CEMENTO**

F.C.:  $205/0.750 = 273.333 \text{ kg/m}^3 = 6.43 \text{ bolsas/m}^3$ .

### **VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	... (m <sup>3</sup> ) 0.067
25% cenizas volantes	... (m <sup>3</sup> ) 0.022
Agua efectiva	... (m <sup>3</sup> ) 0.205
Agregado fino	... (m <sup>3</sup> ) 0.336
Agregado grueso	... (m <sup>3</sup> ) 0.350
Aire	... (m <sup>3</sup> ) 0.020

---

1.000 m<sup>3</sup>

### **PESOS SECOS**

Cemento	... 205.00 kg/m <sup>3</sup>
---------	------------------------------

25% cenizas volantes	... 68.333 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	... 205.00 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	... 893.72 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	... 994.88 kg/m <sup>3</sup>

### **PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento	... 205.00 kg/m <sup>3</sup>
25% cenizas volantes	... 68.333 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	... 237.38 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	... 900.35 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	... 1001.33 kg/m <sup>3</sup>

### **PROPORCIONES EN PESO:**

$$\frac{205.00}{205.00} : \frac{68.333}{205.00} : \frac{900.35}{205.00} : \frac{1001.33}{205.00}$$

$$1 : 0.33 : 4.39 : 4.88 : 36.91 \text{ lts / bolsa}$$

### **PROPORCIONES EN PESO COMBINACIÓN DEL CEMENTO Y LAS CENIZAS:**

$$\frac{273.33}{273.33} : \frac{900.354}{273.33} : \frac{1001.33}{273.33} : \frac{36.91}{273.33}$$

$$1 : 3.29 : 3.66 : 36.91 \text{ lts / bolsa}$$

## VALORES DE DISEÑO PARA UNA PROBETA

Cemento	1.3275 kg
25% Cenizas volante	0.4425 kg
Agua efectiva	1.358 lts
Agregado fino	5.260 kg
Agregado grueso	6.791 kg

Se agregó 4.59 Lt de agua por probeta, entonces nueva relación a/c=0.868.

## RESULTADOS ENSAYO A LA COMPRESIÓN – PROBETAS PATRÓN

Tabla N°24: Ensayo a Compresión – 7 días.  
CONCRETO PATRON F'C= 175Kg/cm<sup>2</sup>

Testigo Nº	Diámetro (cm)	Diámetro Prom.(cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Carga	Resistencia a la compresión(Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión Prom.(Kg/cm <sup>2</sup> )	Edad Días
P-01	15.20		181.46	13.62	31,520.00	173.70		7
P-02	15.00	15.03	176.72	13.70	30,880.00	174.74	176.15	7
P-03	14.90		174.37	13.48	31,390.00	180.02		7

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP

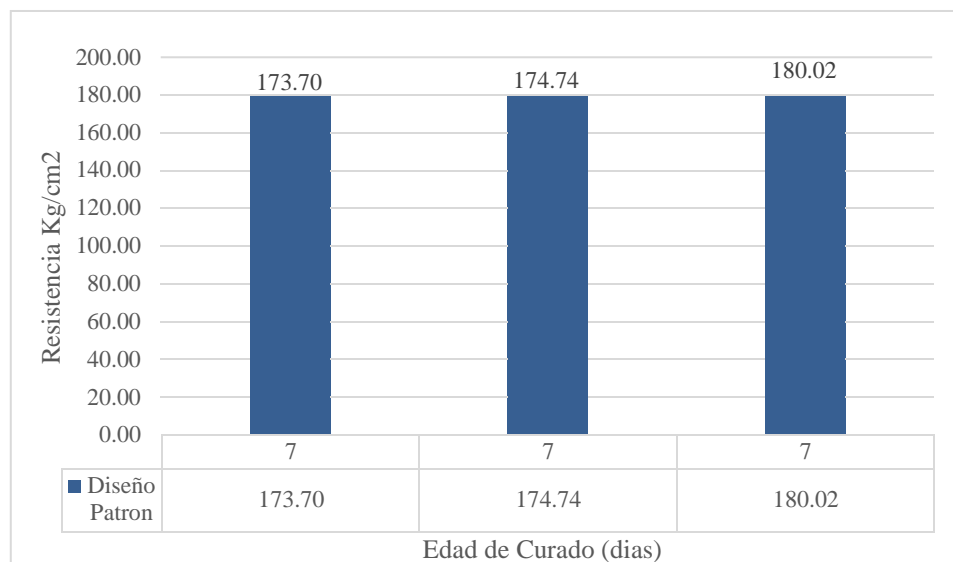


Gráfico N°03: Resistencias del Concreto Patrón vs Edad 7 días. Fuente: El Autor

Tabla N°25: Ensayo a Compresión – 14 Días.

Testigo	CONCRETO PATRON F'C=175Kg/cm2						Resistencia a la compresión Prom. (Kg/cm2)	Edad Días
	Nº	Diámetro (cm)	Diámetro Prom.(cm)	área (cm2)	Peso (kg)	Carga		
P-04	14.80		172.03	13.50	36,500.00	212.17		14
P-05	15.10	14.97	179.08	13.50	35,450.00	197.96	204.99	14
P-06	15.00		176.72	13.60	36,200.00	204.85		14

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP

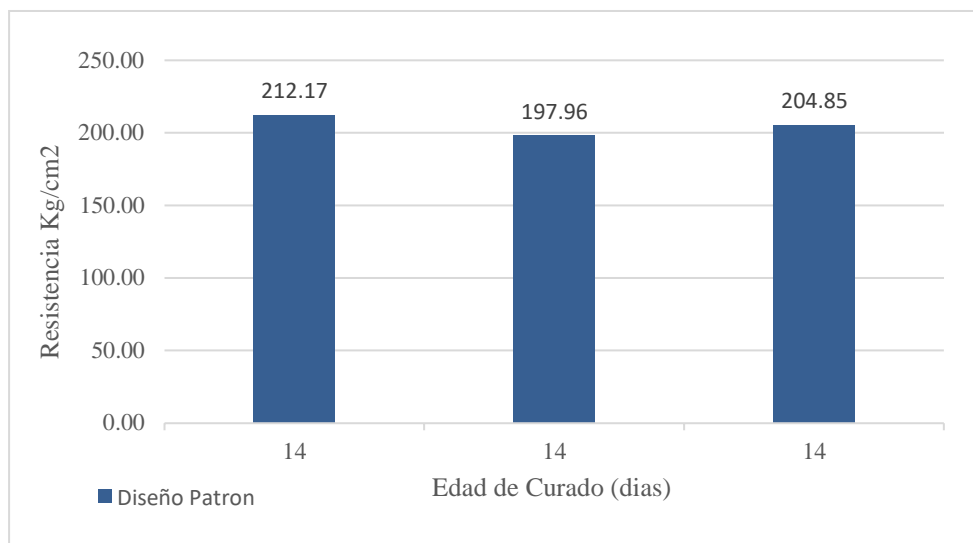


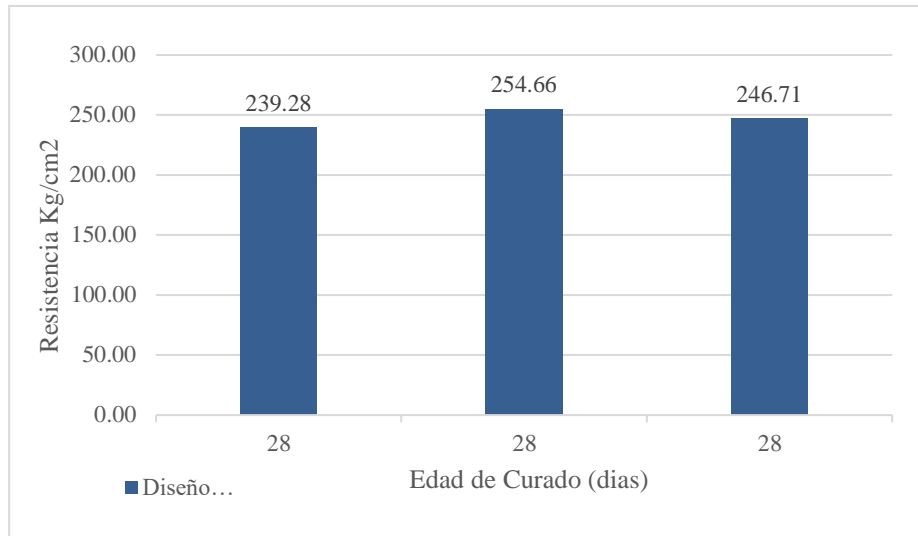
Gráfico N°04: Resistencias del Concreto Patrón vs Edad 14 días.

Fuente: El Autor

Tabla N°26: Ensayo a Compresión – 28 días.

Testigo	CONCRETO PATRON F'C=175 Kg/cm2						Resistencia a la compresión Prom.(kg/cm2)	Edad Días
	Nº	Diámetro (cm)	Diámetro Prom. (cm)	Área(cm2)	Peso (kg)	Carga		
P-07	15.20		181.46	13.65	43,420.00	239.28		28
P-08	15.20	15.17	181.46	13.70	46,210.00	254.66	246.88	28
P-09	15.10		179.08	13.60	44,180.00	246.71		28

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP



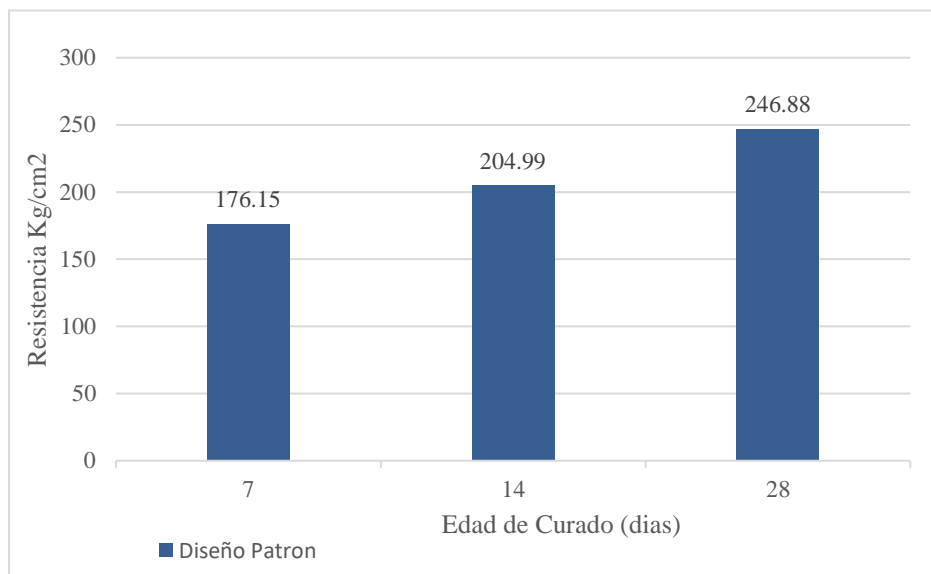
**Gráfico N°05:** Resistencias del Concreto Patrón vs Edad 28 días.

**Fuente:** El Autor

**Tabla N°27: Resumen de Resistencias del Concreto Patrón**

RESUMEN		
Resistencia(kg/cm <sup>2</sup> )	%	Días
176.15	100.66%	7
204.99	117.14%	14
246.88	141.08%	28

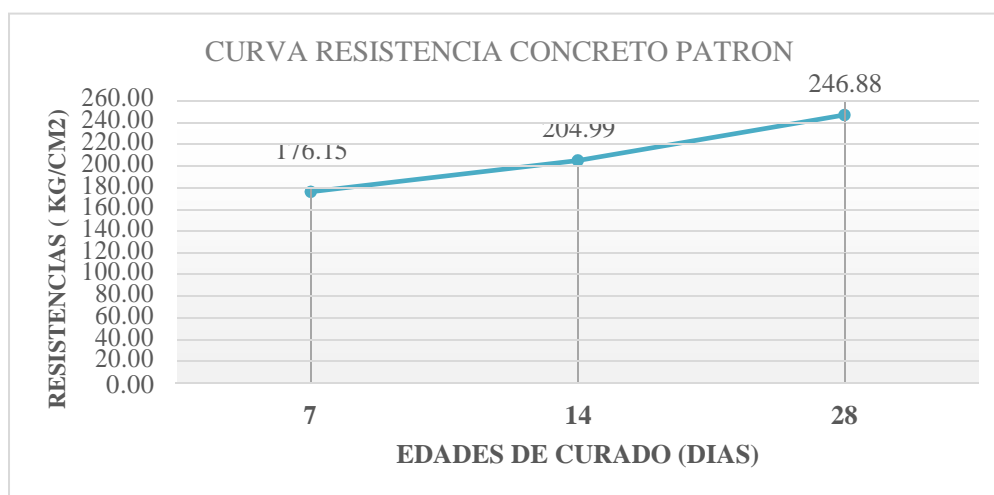
**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP



**Gráfico N°06:** Grafica de las Resistencias del Concreto Patrón vs las Edades de Curado.

**Fuente:** El Autor

**Interpretación:** De los resultados obtenidos de la prueba de Compresión podemos apreciar los datos registrados a los 7, 14 y 28 días que incrementaron paulatinamente obteniendo: 100.66%, 99.12% y se llegó al 141.08% respectivamente de lo establecido. En conclusión, se obtuvieron buenos resultados de probetas patrón.



**Gráfico. N°07:** Grafica de las Resistencias del Concreto Patrón vs las Edades de Curado.  
Fuente: El Autor.

**Interpretación:** En el gráfico podemos observar, que al aumentar los días de curado, la resistencia a la compresión aumenta, obteniendo como resultado una resistencia promedio de  $f'c = 246.88 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

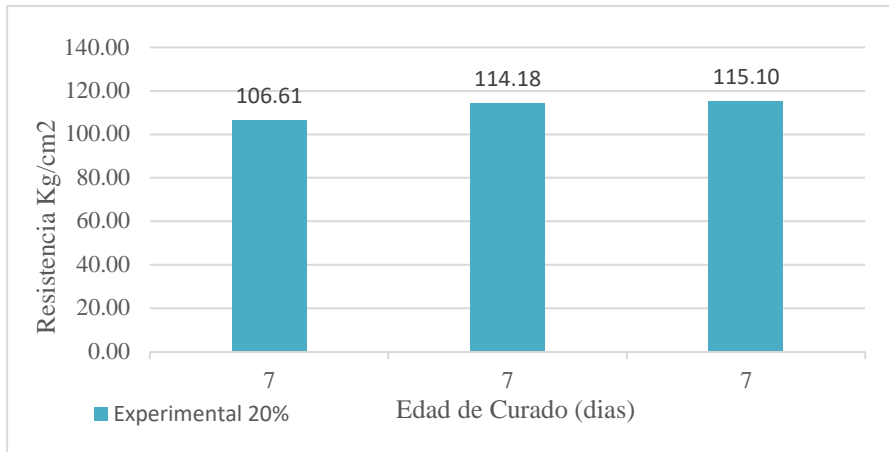
## RESULTADOS ENSAYO A LA COMPRESIÓN – PROBETAS

### EXPERIMENTALES (sustitución 20% del cemento por cenizas volantes)

**Tabla N°28: Ensayo a Compresión – 7 días**  
PROBETAS AL 20% DE CENIZA VOLATIL SUSTITUIDO

Testigo N°	Diámetro (cm)	Diámetro Prom.(cm)	Área cm2	Peso (kg)	Carga	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Resistencia a la compresión Prom. (kg/cm2)	Edad Días
P-01	15.00		176.72	12.90	18,840.00	106.61		7
P-02	14.90	14.93	174.37	13.00	25,900.00	114.18	111.96	7
P-03	14.90		174.37	12.50	26,400.00	115.10		7

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**

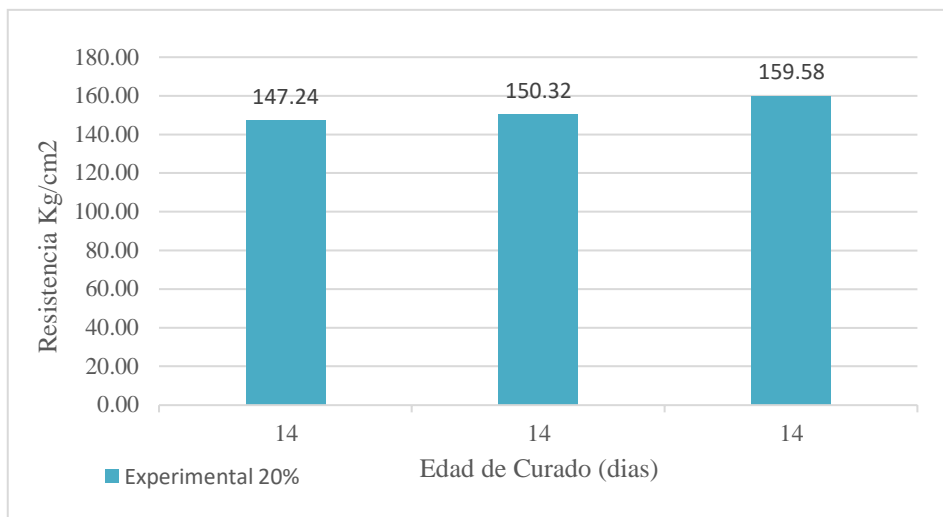


**Gráfico. N° 08:** Resistencias del Concreto experimental 20% vs Edad 7 días.  
**Fuente:** El Autor

**Tabla N°29: Ensayo a Compresión – 14 días**

PROBETAS AL 20% DE CENIZA VOLATIL SUSTITUIDO								
Testigo N°	Diámetro (cm)	Diámetro Prom.(cm)	Área cm <sup>2</sup>	Peso (kg)	Carga	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Edad Días
P-04	15.00		176.72	12.65	27,600.00	147.24		14
P-05	14.90	14.97	174.37	12.75	29,690.00	150.32	152.38	14
P-06	15.00		176.72	12.70	29,890.00	159.58		14

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP

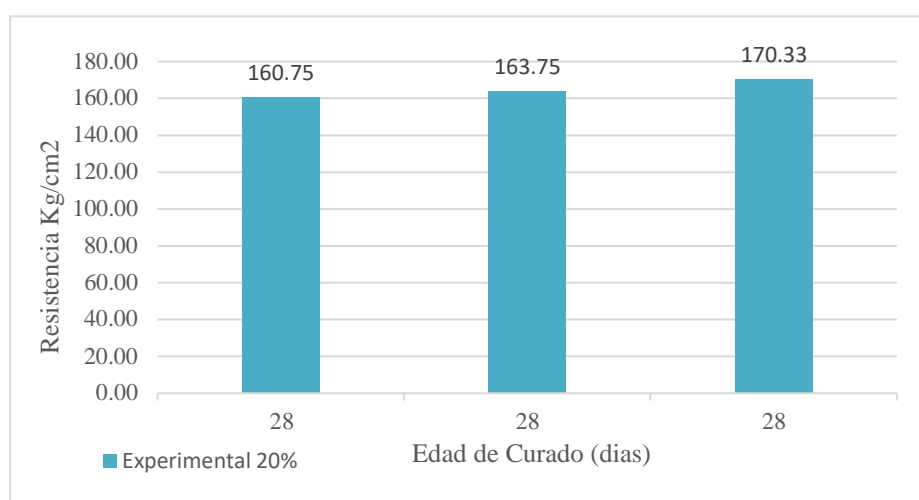


**Gráfico. N° 09:** Resistencias del Concreto experimental 20% vs Edad 14 días.  
**Fuente:** El Autor

**Tabla N°30: Ensayo a Compresión – 28 días**  
**PROBETAS AL 20% DE CENIZA VOLATIL SUSTITUIDO**

Testigo N°	Diámetro (cm)	Diámetro Prom.(cm)	Área cm2	Peso (kg)	Carga	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Resistencia a la compresión Prom.(kg/cm2)	Edad Días
P-07	14.90		174.37	12.86	30,970.00	160.75		28
P-08	14.80	14.87	172.03	12.85	31,980.00	163.75	164.94	28
P-09	14.90		174.37	12.96	31,450.00	170.33		28

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**



**Gráfico. N°10:** Resistencias del Concreto experimental 20% vs Edad 28 días.

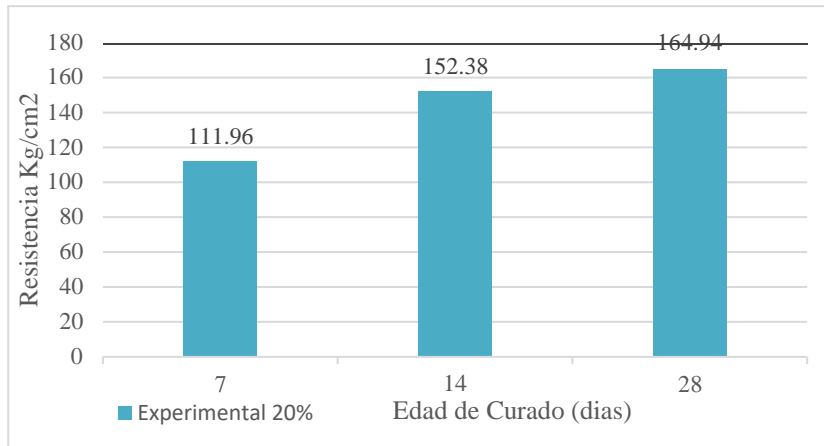
**Fuente:** El Autor

**Tabla N°31: Resumen de Resistencias del Concreto Experimental 20%**

<b>RESUMEN</b>		
Resistencia	%	Días
111.96	62.98%	7
152.38	87.07%	14
164.94	94.25%	28

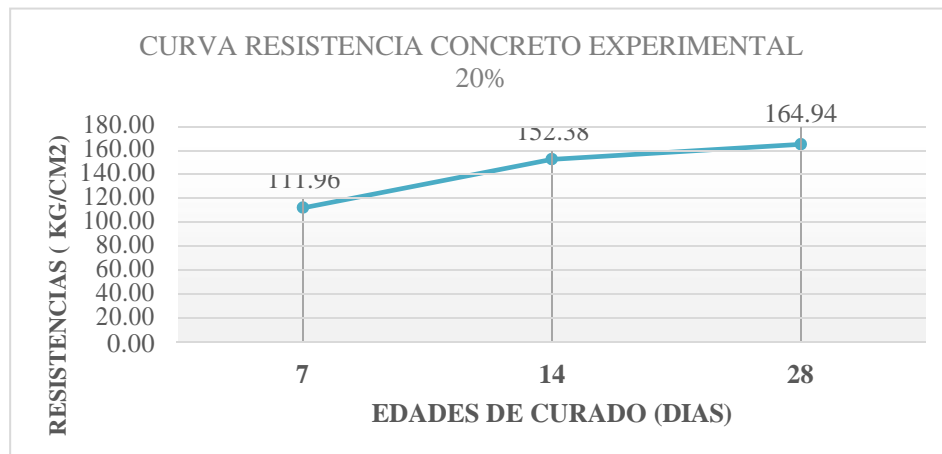
**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP**





**Gráfico. N°11:** Grafica de las Resistencias del Experimental 20% vs las Edades de Curado.  
Fuente: El Autor.

**Interpretación:** De los resultados obtenidos de la prueba de Compresión podemos apreciar los datos registrados a los 7, 14 y 28 días que incrementaron paulatinamente obteniendo: 62.98 %, 87.07 % y se llegó al 94.25 % respectivamente de lo establecido. En conclusión, se obtuvieron buenos resultados de probetas con sustitución de cenizas volantes al 20%.



**Gráfico. N°12:** Grafica de las Resistencias del Concreto experimental 20% vs las Edades de Curado.  
Fuente: El Autor.

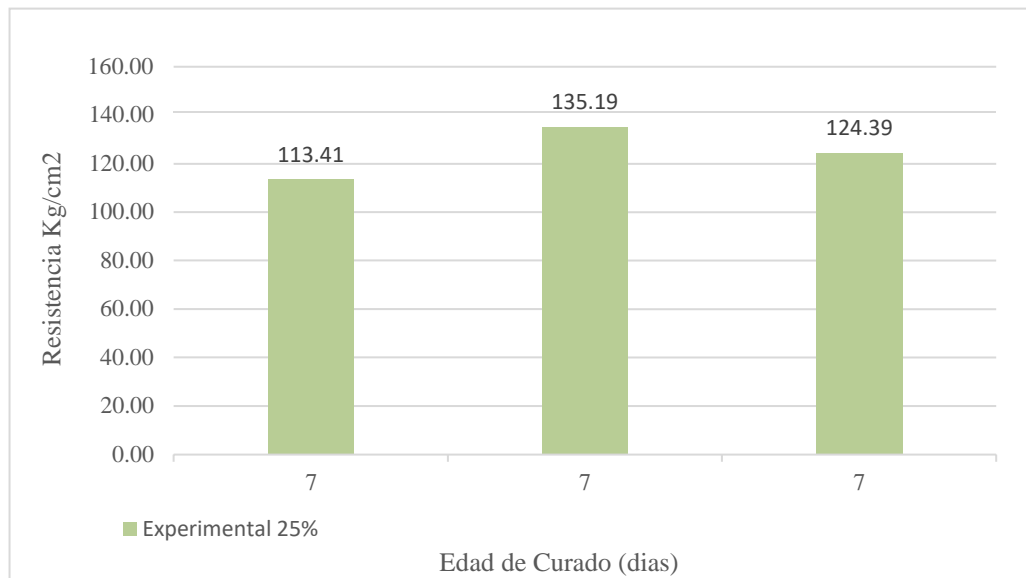
**Interpretación:** En el grafico podemos observar, que al aumentarlos días de curado la resistencia a la compresión aumenta, desde los 7 hasta 28 días la resistencia de concreto aumento significativamente obteniendo la resistencia promedio de  $f'c=164.94 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

## RESULTADOS ENSAYO A LA COMPRESIÓN – PROBETAS EXPERIMENTALES (sustitución 25% del cemento por cenizas volantes)

**Tabla N°32: Ensayo a Compresión – 7 días**

PROBETAS AL 25% DE CENIZA VOLATIL SUSTITUIDO								
Testigo N°	Diámetro (cm)	Diámetro Prom.(cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Carga	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión Prom.(kg/cm <sup>2</sup> )	Edad Días
P-01	15.20		181.46	12.65	24,560.00	113.41		7
P-02	15.10	15.03	179.08	12.75	22,900.00	135.19	124.33	7
P-03	14.80		172.03	12.70	20,460.00	124.39		7

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP



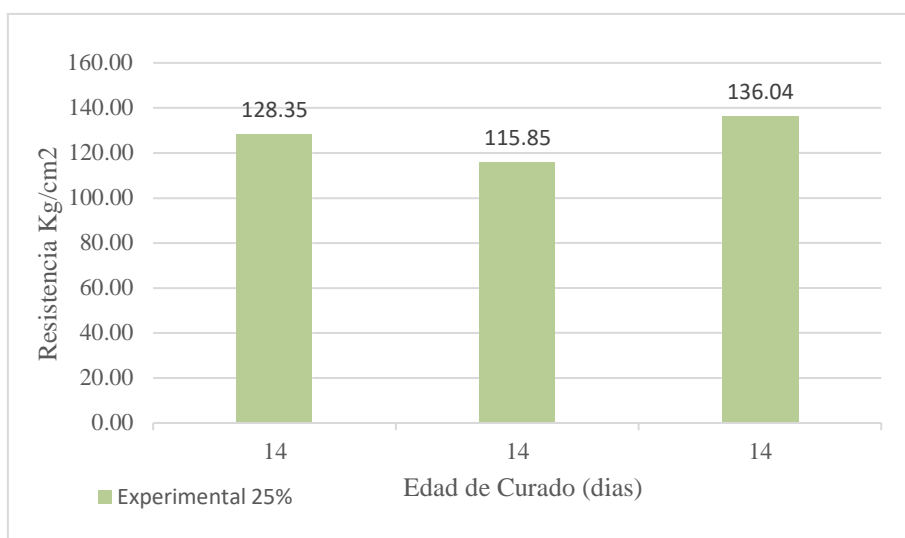
**Gráfico. N° 13:** Resistencias del Concreto experimental 25% vs Edad 7 días.

**Fuente:** El Autor

**Tabla N°33: Ensayo a Compresión – 14 días**

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP

PROBETAS AL 25% DE CENIZA VOLATIL SUSTITUIDO								
Testigo N°	Diámetro (cm)	Diámetro Prom.(cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Carga	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión Prom.(kg/cm <sup>2</sup> )	Edad Días
P-04	14.80		172.03	12.86	23,100.00	128.35		14
P-05	14.90	14.90	174.37	12.70	23,800.00	115.85	126.75	14
P-06	15.00		176.72	12.60	24,650.00	136.04		14



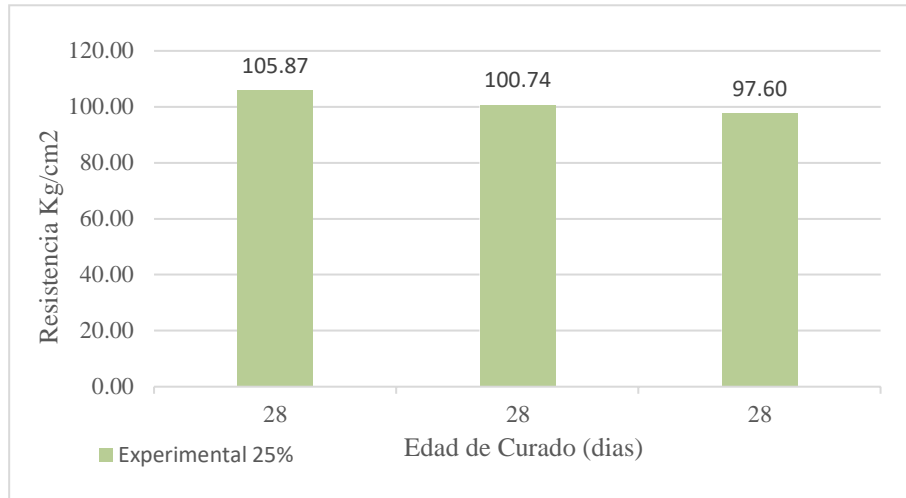
**Gráfico. N°14:** Resistencias del Concreto experimental 25% vs Edad 7 días.

**Fuente:** El Autor

**Tabla N°34: Ensayo a Compresión – 28 días**

PROBETAS AL 25% DE CENIZA VOLATIL SUSTITUIDO								
Testigo N°	Diámetro (cm)	Diámetro Prom.(cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Carga	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión Prom.(kg/cm <sup>2</sup> )	Edad Días
P-07	14.90		174.37	12.85	30,980.00	105.87		28
P-08	14.80	14.83	172.03	12.60	30,040.00	100.74	101.40	28
P-09	14.80		172.03	12.89	30,300.00	97.60		28

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP

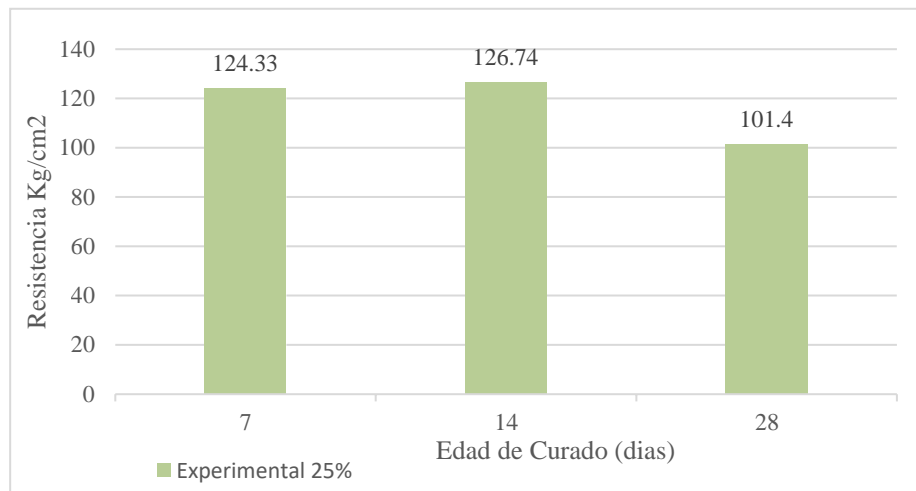


**Gráfico. N°15:** Resistencias del Concreto experimental 25% vs Edad 7 días.  
**Fuente:** El Autor

**Tabla N°35: Resumen de Resistencias del Concreto Experimental 25%**

RESUMEN		
Resistencia	%	Días
124.33	71.05%	7
126.74	72.43%	14
101.40	57.94%	28

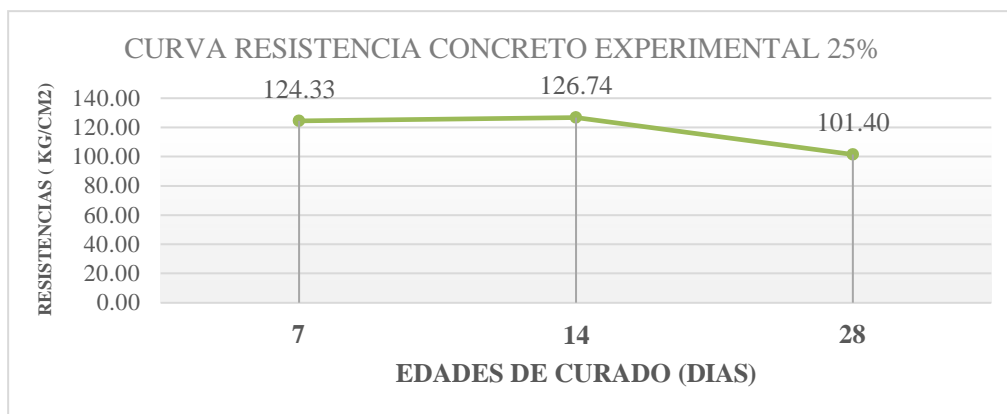
**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos -USP



**Gráfico. N°16:** Grafica de las Resistencias del Experimental 25% vs las Edades de Curado.  
**Fuente:** El Autor

**Interpretación:** De los resultados obtenidos de la prueba de Compresión podemos apreciar los datos registrados a los 7, 14 días que incrementaron

paulatinamente obteniendo: 71.05 %, 72.43 % respectivamente de lo establecido. En conclusión, se obtuvieron buenos resultados de probetas con sustitución de cenizas volantes al 25% pero en 28 días la resistencia no aumento siendo el 57.94% lo cual se concluye que en este porcentaje la cenizas volantes no reaccionan bien con los agregados en la mezcla.



**Gráfico. N°17:** Grafica de las Resistencias del Concreto experimental 20% vs las Edades de Curado.  
**Fuente:** El Autor.

## INFERENCIA ESTADISTICA

### ANÁLISIS DE VARIANZA-ANOVA.

**Tabla N° 36. Resistencia a la compresión de probetas con sustitución de un porcentaje de cenizas volantes según edad.**

Edad/Tipo	Resistencia a la compresión de las probetas con un porcentaje de cenizas volantes		
	0%	20%	25%
(7 Días)	173.7	106.61	113.41
	174.74	114.18	135.19
	180.02	115.1	124.39
(14 Días)	212.17	147.24	128.35
	197.96	150.32	115.85
	204.85	159.58	136.04
(28 Días)	239.28	160.75	105.87
	254.66	163.75	100.74
	246.71	170.33	97.6

**Fuente:** resultado de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N°36 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas se muestran ligeramente menor cuando se sustituye el 20% y 25% de ceniza volantes.

**Tabla N° 37 Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		Patrón	Experimental20	Experimental25
N		9	9	9
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	209,3433	143,0956	117,4933
	Desviación típica	31,28803	24,42377	14,37653
Diferencias más extremas	Absoluta	,164	,234	,129
	Positiva	,159	,207	,124
	Negativa	-,164	-,234	-,129
Z de Kolmogorov-Smirnov		,492	,702	,386
Sig. asintót. (bilateral)		,969	,708	,998

**Fuente: resultado de los ensayos del laboratorio de la USP**

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Kolmogorov-Smirnov (con  $p > 0.05$  para las dos muestras) y homogeneidad de varianzas con la prueba F ( $F=3.270$ ,  $p=0.969$ ,  $p > 0.05$ ,  $p=0.708$ ,  $p > 0.05$ ,  $p=0.998$ ,  $p > 0.05$ ) de las resistencias medias obtenidas en las probetas para cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de cenizas volantes) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

**Tabla N°38: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	40441,993	2	20220,997	34,039	,012
Intra-grupos	14257,168	24	594,049		
Total	54699,161	26			

**Fuente: resultado de los ensayos del laboratorio de la USP**

En la tabla N°39 se puede visualizar que para la sustitución de cenizas volantes, el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.012$ ,  $p < 0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (las resistencias a la compresión medias son iguales).

Por lo que podemos concluir que con nivel de 14 (días) de significancia las resistencias medias en  $\text{kg/cm}^2$  logradas en las probetas, con sustitución de cenizas volantes en 0%, 20% y 25% son diferentes. Es decir existe una diferencia significativa entre las resistencias a la compresión medias de las probetas.

## IV. ANALISIS Y DISCUSION

### ANALISIS Y DISCUSION DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DISPERSIVA EN ENERGÍA (FRX)

Tabla N° 39: Resultados Composición Química en Óxidos de la ceniza volantes.

Oxido	% masa
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.620
SiO <sub>2</sub>	54.870
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.010
SO <sub>2</sub>	3.571
ClO <sub>2</sub>	0.004
K <sub>2</sub> O	0.012
CaO	1.264
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.100
CrO	0.003
MnO	0.007
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.707
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.370
CuO	0.005
ZnO	0.008
BaO	0.017
Sub total	86.568
Otros	13.432
Total	100.000

Fuente: Laboratorio de Arqueometría -Universidad Mayor de San Marcos (2018).

De la tabla se observa porcentajes de óxido de silicio (54.870%), oxido de aluminio (24.620%) y oxido de calcio (1.264%) como componentes puzolanicos, al sumar estos tres componentes se tendría un total de 80.754 % de material cementante que es un valor importante.

Además, se percibe un contenido de Oxido de Potasio con un porcentaje de 0.012%, que generará la relación alcalis-silice que afectará la durabilidad del concreto.

Los componentes no afectarían la sustitución del cemento por cenizas volantes debido a que representan porcentajes mínimos.



## ANALISIS Y DISCUSION DEL PH “CENIZAS VOLANTES” Y LA MEZCLA (CENIZA Y CEMENTO)

**Tabla N°40: PH de los Materiales Cementantes**

<b>Materiales</b>	<b>PH</b>
Cemento tipo I	<b>12.30</b>
Ceniza Volantes	<b>12.48</b>
80 % de cemento + 20% Ceniza volante	<b>12.80</b>
75 % de cemento + 25% Ceniza volante	<b>13.10</b>

**Fuente: Laboratorio (2018).**

En la tabla se muestra que la ceniza volante presenta un PH de 12.48, lo cual es semejantes al cemento Portland tipo I que tiene un valor de 12.30. Además, el PH de la mezcla del cemento en 80 % y ceniza volantes en 20%, 75 % y ceniza volantes en 25% es de 12.80 y 13.10 respectivamente, siendo su nivel de alcalinidad similar al cemento esto indicara que no alterara el proceso de hidratación del cemento. Se observa además que todos estos materiales presentan la característica de ser alcalinos al tener el pH mayor de 7.

## ANALISIS Y DISCUSION DE LA RELACION A/C DEL CONCRETO PATRON Y EXPERIMENTALES.

**Tabla N°41: Relaciones a/c de los Concretos**

<b>Materiales</b>	<b>A/C</b>
Patrón	<b>0.76</b>
Experimental 20%	<b>0.836</b>
Experimental 25%	<b>0.868</b>

**Fuente: el autor**

Se observa que para el patrón y experimental 20% se trabajó con una relación a/c de 0.836 con la cual nos resultó un concreto trabajable con un Slump de 3.5”, en cambio para el diseño de mezcla experimental al 25% se tuvo que aumentar la relación a/c al valor de 0.40 para obtener un concreto trabajable que arrojó un Slump

de 3.5” que dicho valor cumple con el rango de 3” a 4” que nos establece la norma ACI 211, puesto que inicialmente se trabajó para el diseño de mezcla experimental 25% con la relación a/c de 1.15 pero su Slump no cumplió con el rango de 3” a 4” es por eso que se hizo el aumento de la relación a/c, aumentando 0.05 Lt de agua por Probeta.

El aumento de agua en concretos con cemento puzolánico se debe según Romero (2017) a la influencia del óxido de silicio (solubilidad en agua 0.12 g/L) que al aumentar en masa en el diseño de mezcla debido a las sustituciones de cemento por ceniza, es necesario una mayor cantidad de agua para ser disuelta en comparación al Óxido de Calcio (solubilidad en agua 1.19 g/L) ambos compuestos son higroscópicos, lo que significa que atraen el agua del medio.

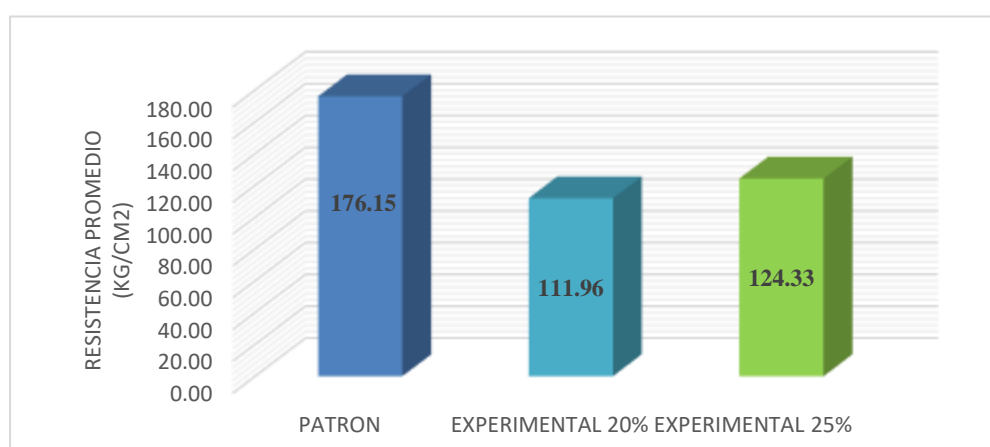
## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN

### ENSAYO COMPRESIÓN PROBETAS 7 DÍAS

**Tabla N°42: Compresión de las Probetas a los 7 Días**

	PATRON	EXPERIMENTAL 20%	EXPERIMENTAL 25%
Resis. Prom. (KgF/cm <sup>2</sup> )	176.15	111.96	124.33
Porcentaje prom (%)	100.66%	62.98%	71.05%

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP**



**Gráfico. N°18: Resistencias de las Probetas a los 7 días**

**Fuente: El Autor**

En el gráfico se observa una mayor resistencia en el diseño patrón estas diferencias se presentan en todas las edades, esto se debe a las características de los agregados tienen mayor resistencia a la abrasión que ayuda a tener una mayor resistencia en el concreto, Los ensayos realizados muestran claramente una mejora de la resistencia a compresión de los agregados sin adición de cenizas, a los 7 días, para los cementos estudiados. El aumento del contenido de cenizas del 20 y 25% no modifica significativamente el comportamiento mecánico de materia.

### ENSAYO COMPRESION PROBETAS 14 DIAS

Tabla N°43: Compresión de las Probetas a los 14 Días

	PATRON	EXPERIMENTAL 20%	EXPERIMENTAL 25%
Resis. prom. (KgF/cm <sup>2</sup> )	204.99	152.38	126.74
Porcentaje prom (%)	117.14%	87.07%	72.43%

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP

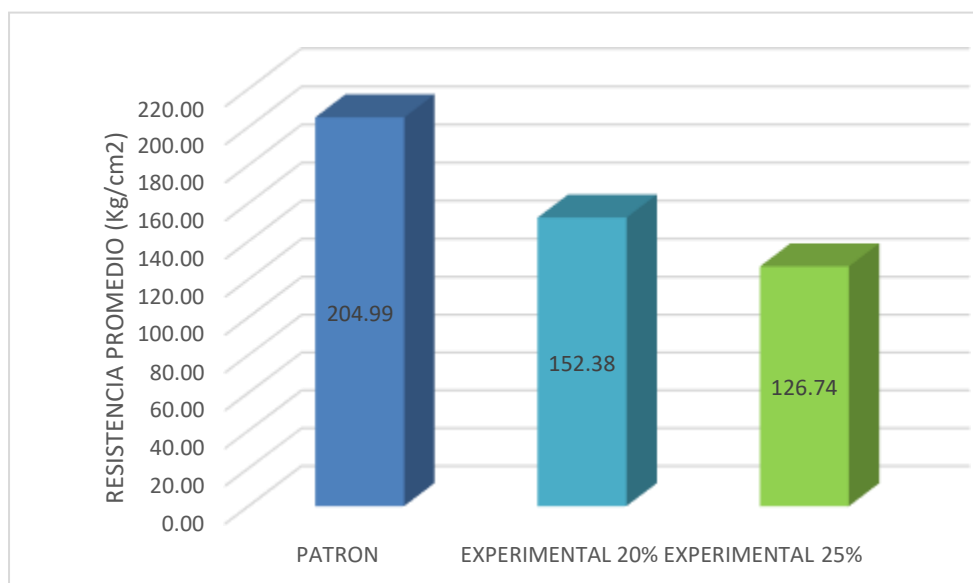


Gráfico. N°19: Resistencias de las Probetas a los 14 días

Fuente: El Autor

De la figura N°13 se observa que valores máximos de resistencias a compresión simple del concreto, a los 14 días, son alcanzadas para un contenido de ceniza volante del 20%. Contenidos de ceniza volante mayor al 25% reduce la resistencia del concreto, inclusive por debajo del permitido, en cambio valores por debajo del 20% de ceniza volante mantienen la resistencia a compresión simple del concreto en

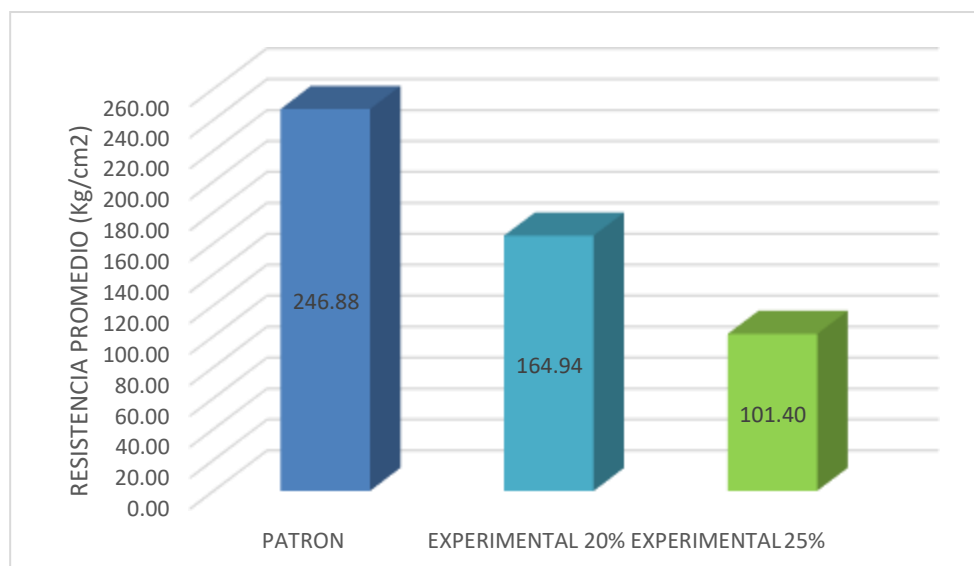
un rango permitido. Por otro lado también se puede observar que no hay diferencia significativa de la resistencia a los 28 días respecto al porcentaje de cenizas volantes.

## ENSAYO COMPRESION PROBETAS 28 DIAS

**Tabla N°44: Compresión de las Probetas a los 28 Días**

	PATRON	EXPERIMENTAL 20%	EXPERIMENTAL 25%
Resis. prom. (KgF/cm <sup>2</sup> )	246.88	164.94	101.40
Porcentaje prom (%)	141.08%	94.25%	57.94%

**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP**



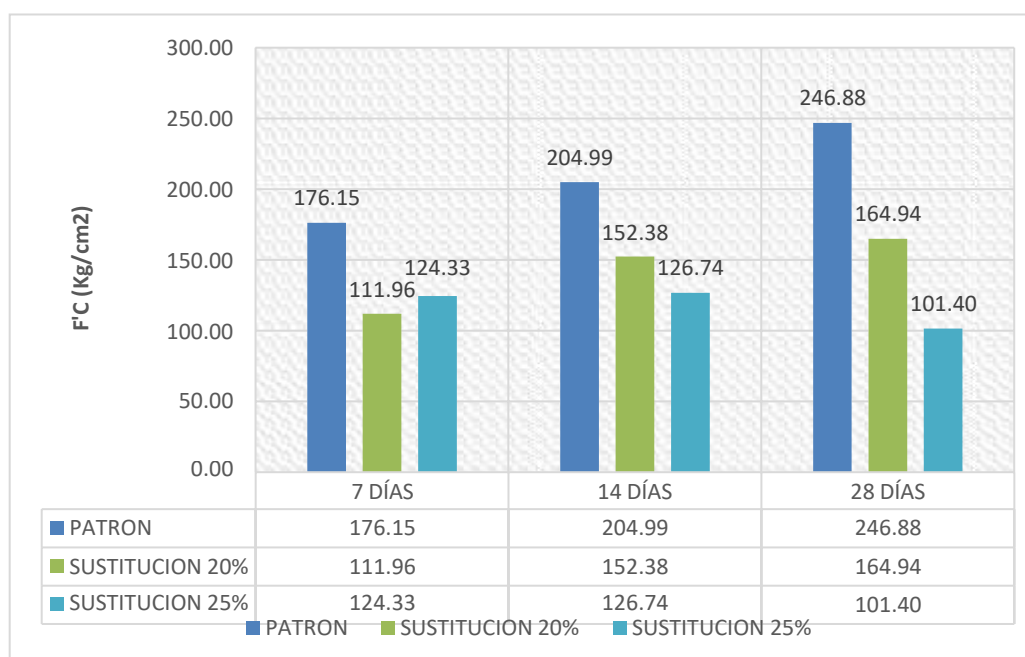
**Gráfico. N°20:** Resistencias de las Probetas a los 28 días

**Fuente:** El Autor .

La resistencia del concreto en función al porcentaje de ceniza volante y según el número de días transcurridos aumenta hasta un punto máximo y disminuye a medida que este contenido de ceniza volante aumenta, tal como se ilustra en la figura 14. El porcentaje óptimo está dentro del rango aproximado hasta 20% de contenido de ceniza volante. Esta disminución de la resistencia cuando hay aumento de ceniza volante se debe por efecto de la carbonatación, esta situación no implica aumento de la resistencia del concreto; Por tanto el uso de este tipo de

puzolanas requiere un mayor tiempo de reactividad para lograr desarrollar al máximo su actividad puzolánica (Valdez-Tamez, Durán-Herrera, Fajardo-San Miguel, & Juárez-Alvarado, 2009). Valores moderados de adición parecen proporcionar mejores factores de eficacia por el mayor contacto entre las cenizas y los productos de hidratación del cemento, favoreciendo la reacción puzolánica de las cenizas. Una dosis elevada de cenizas parece obstaculizar el óptimo aprovechamiento de las mismas, porque impide el contacto entre la portlandita y las cenizas volantes, lo que disminuye su coeficiente de eficacia (Molina B., Moragues T., & Gálvez R., 2008).

### RESULTADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm<sup>2</sup>) PROMEDIO VS EDAD (días)



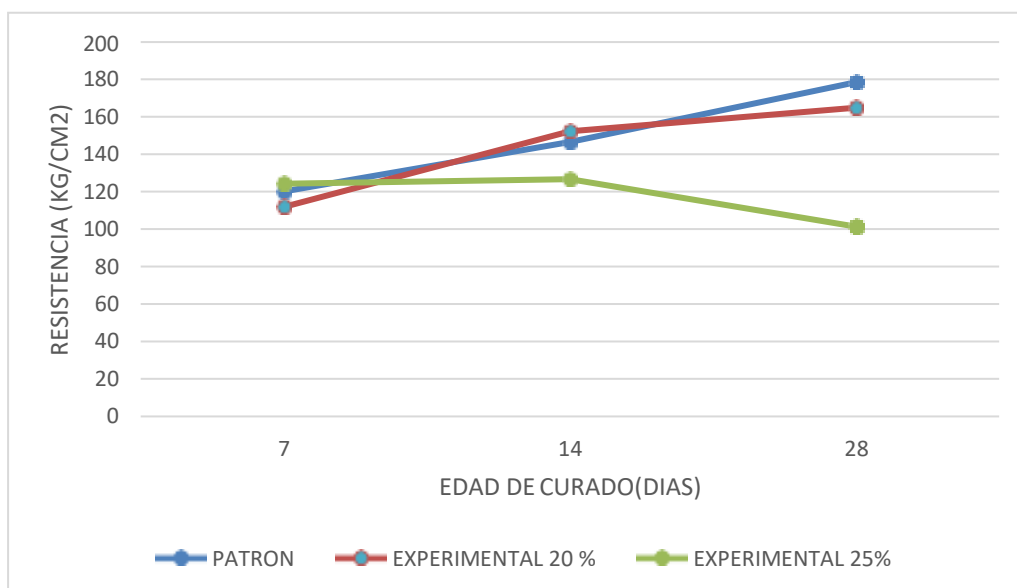
**Gráfico. N°21:** Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>) Vs edad patrón y experimental al 20% y 25%  
**Fuente:** El Autor.

**Interpretación:** En el gráfico podemos observar que a los 7 primeros días de curado la mayor resistencia la alcanza la sustitución de cenizas volantes al 25%, seguido del diseño patrón y luego la sustitución al 20%. Observamos que a los 14 días de curado la mayor resistencia la alcanza la sustitución de ceniza volante al 20%, seguido del

diseño patrón y luego la sustitución al 25%, finalmente observamos que a los 28 días la mayor resistencia la alcanza el diseño patrón seguido de la sustitución al 20% y luego la sustitución al 25%. No habiendo superado el diseño patrón los resultados son favorables.

Se observó que la resistencia del ensayo patrón ( $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ) se elevó más que el esperado a los 28 días hasta  $F'c= 246.48 \text{ kg/cm}^2$  como promedio, esto debido a que el material grueso de (3/4") de la cantera Rubén es de buena calidad, esto se demostró con el Ensayo **Resistencia a la Abrasión** realizado en el laboratorio de suelos de la USP, donde el porcentaje de desgaste obtenido es de 22.60% ideal para uso en concretos ya que el porcentaje de desgaste está por debajo del 50% de acuerdo a la Norma Técnica de diseño ASTM C – 131, resultado que le incrementa Resistencia y Durabilidad al concreto a esto se debe el incremento en la Resistencia a la Compresión Patrón.

#### ANALISIS Y DISCUSION GRAFICA PATRÓN VS EXPERIMENTALES (CURVA)



**Gráfico. N°22: Resistencias Patrón Vs Experimentales**  
Fuente: El Autor.

Según la figura 15 La ceniza volante utilizada en el diseño de mezclas de concreto en porcentajes del 0% al 20% mantiene una resistencia normal según especiación; además a los 28 días para estos porcentajes de ceniza volante se alcanzan resistencias

por encima de la resistencia del concreto normal, porcentajes de ceniza volante mayores al 25% en el diseño de mezclas de concreto disminuye la resistencia del mismo por tanto es necesario utilizar adiciones con menor porcentaje.

Al sustituir el cemento con la ceniza volante para el aumento de la resistencia del concreto es necesario utilizarlo en un porcentaje óptimo hasta el 20% sin adición de otras sustancias, de tal manera darle trabajabilidad, durabilidad y menor costo en su elaboración. Finalmente el hecho de adicionarle ceniza volante al concreto implica una reducción de la porosidad dada la finura de este, lo que no implica aumento de la resistencia.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES:

- La composición química en óxidos de cenizas volantes se obtuvo óxido de silicio como el más abundante con 54.870%, también óxido de aluminio 24.620%. además, se obtuvo 0.012% de óxido de potasio.
- Se obtuvo el pH de cenizas volantes 12.48 y de las mezclas cemento-ceniza al 20% y 25% con valores de 12.80 y 13.10, lográndose determinar que son alcalinos.
- Para la mezcla de concreto patrón se obtuvo una relación de  $a/c= 0.76$ , para el concreto experimental de 20%  $a/c= 0.836$  y experimental 25%  $a/c=0.868$ .
- En los ensayos de compresión en probetas se obtuvo una resistencia en el concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días de 176.15 kg/cm<sup>2</sup> ,204.99 kg/cm<sup>2</sup> y 246.88 kg/cm<sup>2</sup>. Respectivamente teniendo una resistencia en el concreto experimental de 20% a las edades de 7, 14 y 28 días con una resistencia de 111.96 kg/cm<sup>2</sup>, 152.38 kg/cm<sup>2</sup> y 164.94 kg/cm<sup>2</sup> y resistencia en el concreto experimental 25% a las edades de 7,14 y 28 días con una resistencia de 124.33 kg/cm<sup>2</sup>, 126.74 kg/cm<sup>2</sup>, 101.40 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Donde se observa que conforme se aumenta la sustitución de la ceniza volante al cemento su resistencia disminuye. Esto se debe a que es necesario utilizarlo en un porcentaje óptimo menor que al 20% sin adición de otras sustancias, de tal manera darle trabajabilidad, durabilidad y menor costo en su elaboración.
- Se concluye que conforme se aumentó los porcentajes de sustitución de cenizas volantes en 20% y 25%, la resistencia disminuye por lo que influye la relación  $a/c$  y también los días de curado debido a que la portlandita de las cenizas volantes necesitan mayor tiempo para su reactividad con los componentes del concreto mientras que el cemento es a menor tiempo.



## **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda evaluar dosificaciones menores al 20% de ceniza volante en sustitución al cemento, debido a que el óptimo diseño se encuentra en porcentajes menores, para verificar su comportamiento en comparación a un concreto convencional  $f'c = 175 \text{Kg/cm}^2$ .
- Debido a su contenido bajo contenido de dióxido Calcio, se recomienda mezcla con un material adicional que contenga un importante contenido de calcio.
- Se recomienda para las próximas investigaciones, considerar para las mezclas de concreto con cenizas volantes una edad de diseño mayor a los 28 días, ya que este tipo de adición se activan en su totalidad a mayores edades de curado debido a la portlandita que contiene las cenizas volantes.
- Así mismo, se propone experimentar la sustitución de la ceniza volante como reemplazo del cemento en dosificaciones debajo de 20% y así optimizar la reutilización de este desecho industrial, reduciendo costos.
- Se recomienda su aplicación para losas industriales, losa de pavimentos, obras de arte y drenajes en carretas, badenes, tanques de aguas industriales, reservorios, canales y uso en general en obras que requieran baja permeabilidad.

## **CAPITULO VI: AGRADECIMIENTOS**

Es mi deseo personal mencionar a aquellos que forman parte de este éxito conseguido en el presente trabajo de investigación.

A Dios que siempre estuvo y está en cada momento de nuestra vida, quien con su fuerza y sabiduría me ha guiado por el buen camino.

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

Agradecer a mi Esposa Fiorella, quien con su amor y comprensión supo Apoyarme con mi desarrollo profesional.

A mi Asesor el Ingeniero: Segundo Urrutia Vargas; Por su asesoramiento en el desarrollo de la presente tesis, por sus importantes aportes y por la amistad brindada, sellos indiscutibles de su calidad profesional y humana.

A los que conforman parte del grupo del laboratorio de suelos; Por sus consejos y apoyo en la ejecución de los diferentes ensayos realizados.

A los Ingenieros de la Escuela de Ingeniería Civil por sus enseñanzas impartidas en el transcurso de nuestra etapa universitaria.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASTM (s/f). Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete. ASTM C618-03
- Asociación de Productores de Cementos, 2014. Catalogo de normas Técnicas Peruana de Concreto 2014. Tercera Edición.
- Burgos (2010). Guía para la gestión y tratamiento de residuos y desperdicios de proyectos de construcción y demolición.(Tesis de Grado). Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcib957g/doc/bmfcib957g.pdf>
- Calleja (s/f). Ceniza, cemento y Hormigón con cenizas. Materiales de construcción. Recuperado de: <http://materconstrucc.revistas.csic>.
- Carrasco, Cruz, Terrados, Corpas y Pérez (2014). An evaluation of bottom ash from plant biomass as a replacement for cement in building bloc. Revista Fuel.
- Cementos Pacasmayo (s.f.). Información. [Página de Google+]. Recuperado el 10 de mayo de 2016 <http://www.cementospacasmayo.com.pe/productos-y-servicios/prefabricados/adoquines/https://plus.google.com/u/0/+museofridakahlo/abot>.
- Chávez, Guarín y Cortes (2013). Determinación de propiedades físico-químicas de los materiales agregados en muestra de escombros en la ciudad de bogotá d. c. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. Pag 45.
- Dirección General de Salud Ambiental. (DIGESA, 2006). Manual de Difusión Técnica N° 01: Gestión de los Residuos Peligrosos en el Perú. Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/informes\\_tecnicos.asp](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/informes_tecnicos.asp)
- Huaquisto. S, & Belizario G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v20n2/a07v20n2.pdf>.

- Molina B., O., Moragues T., A., & Gálvez R., J. (2008). La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Portland en la durabilidad del hormigón: Propiedades físicas, difusión del ión cloruro y del dióxido de carbono. *Anales de la Mecánica de fracturas* 25, 575-580.
- Norma NLT-176/74, basada en la sedimentación de materiales pulverulentos de teluonom
- Norma Técnica de diseño ASTM C – 131, basada en la Resistencia a la Abrasión de agregados gruesos.
- NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Recuperado de: [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma\\_tecnica\\_peruana\\_dos.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf).
- Vásquez P., E. (2010). Concreto de alto desempeño con elevado consumo de ceniza volante. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Valdez, P., Duran, A., Rivera, J., & Juárez, C. (2007). Concretos fluidos con altos volúmenes de ceniza volante. *Ciencia UANL*, 49-57. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ralconpat/v6n3/2007-6835-ralconpat-6-03-235-es.pdf>

## VIII. APÉNDICES Y ANEXOS

### CERTIFICADOS



### LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICOS

*Análisis de minerales, Calicatas, Carbón, etc*  
*Control de procesos de cianuración aurífera, control de maduración de caña de azúcar.*

#### ANALISIS QUIMICOS

**Solicita** : BACH. MILLA PRIETO JOSE LUIS  
**Título** : RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $F'c=175\text{Kg/cm}^2$ , CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
**Muestra** : CENIZA VOLATIL  
**Lugar** : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
**Resultados** :

ANALISIS	RESULTADOS
PH	12.48
DENSIDAD (g/ml)(20,2°C)	2.28

Chimbote, 20 de Julio del 2018

  
**Nelson Hugo Ramirez Siche**  
INGENIERO QUIMICO  
C.I.P. 23051

ATENCIÓN DE LUNES A SABADO  
Jr. Garcilazo de la Vega N° 781 - TELF. 320522 CEL. 943874775 Nex. 626\*3438  
CHIMBOTE - PERU



## LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICOS

*Análisis de minerales, Calicatas, Carbón, etc*  
*Control de procesos de cianuración aurífera, control de maduración de caña de azúcar.*

### ANALISIS QUIMICOS

**Solicita** : BACH. MILLA PRIETO JOSE LUIS  
**Título** : RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $F'c=175\text{Kg/cm}^2$ , CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
**Muestra** : CEMENTO PORTLAND TIPO I PACASMAYO  
**Lugar** : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
**Resultados** :

ANALISIS	RESULTADOS
PH	12,3

Chimbote, 20 de Julio-del 2018

  
**Nelson Hugo Ramirez Siche**  
INGENIERO QUIMICO  
C.I.P. 23051

ATENCIÓN DE LUNES A SABADO  
Jr. Garza de la Vega N° 781 - TELF. 320522 CEL 943874775 Nex. 626\*3438  
CHIMBOTE - PERU



## LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICOS

*Análisis de minerales, Calicatas, Carbón, etc*  
*Control de procesos de cianuración aurífera, control de maduración de caña de azúcar.*

### ANALISIS QUIMICOS

**Solicita** : BACH. MILLA PRIETO JOSE LUIS  
**Título** : RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $F_c=175\text{Kg/cm}^2$ , CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
**Muestra** : CENIZA VOLATIL 25% + CEMENTO 75%  
**Lugar** : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
**Resultados** :

ANALISIS	RESULTADOS
PH	13.1
DENSIDAD (g/ml)(20,2°C)	3.6

Chimbote, 20 de Julio del 2018

  
**Nelson Huga Ramírez Siche**  
INGENIERO QUIMICO  
C.I.P. 23051

ATENCIÓN DE LUNES A SABADO  
Jr. Garcilazo de la Vega N° 781 - TELF. 320522 CEL. 943874775 Nex. 626\*9438  
CHIMBOTE - PERU



## LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICOS

*Análisis de minerales, Calicatas, Carbón, etc*  
*Control de procesos de cianuración aurífera, control de maduración de caña de azúcar.*

### ANALISIS QUIMICOS

**Solicita** : BACH. MILLA PRIETO JOSE LUIS  
**Título** : RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $F'c=175\text{Kg/cm}^2$ , CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
**Muestra** : CENIZA VOLATIL 20% + CEMENTO 80%  
**Lugar** : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
**Resultados** :

ANALISIS	RESULTADOS
PH	12.8
DENSIDAD (g/ml)(20,2°C)	3,1

Chimbote, 20 de Julio del 2018

  
**Nelson Hugo Ramirez Siche**  
INGENIERO QUIMICO  
C.I.P. 23051

ATENCIÓN DE LUNES A SABADO  
Jr. Garcilazo de la Vega N° 781 – TELF. 320522 CEL. 943874775 Nex. 626\*3438  
CHIMBOTE - PERU





# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Laboratorio de Arqueometría

Informe N°118-LAQ/2018

### Análisis de cenizas volátiles por FRXDE

#### Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de cenizas volátiles a pedido del Sr. **Milla Prieto, José Luis**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia de un Concreto  $F' C = 175 \text{ kg/cm}^2$  con Cemento Sustituido en 20% y 25% por Cenizas Volátiles.”**

La muestra está en forma de grano fino de color negro.

#### 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  $20 \mu\text{A}$ . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de  $45^\circ$ ; 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 3130cts/s.

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

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



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

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

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

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

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

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cenizas volátiles. 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 del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total de los elementos que han sido detectados por esta técnica. La concentración total de estos elementos es de 6.38%, siendo S, V y Fe los más abundantes.



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

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

El resto del material debe estar constituido por compuestos que contienen elementos con número atómico menor que 13, pudiendo ser oxígeno el más abundante de ellos. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer análisis por otras técnicas.

Tabla 1. Composición elemental de cenizas volátiles en % de masa.

Óxido	Concentración
	% masa
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,620
SiO <sub>2</sub>	54,870
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,010
SO <sub>2</sub>	3,571
CO <sub>2</sub>	0,004
K <sub>2</sub> O	0,012
CaO	1,264
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,100
CrO	0,003
MnO	0,007
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,707
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,370
CuO	0,005
ZnO	0,008
BaO	0,017
Subtotal	86,568
Otros	13,432
Total	100,000



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

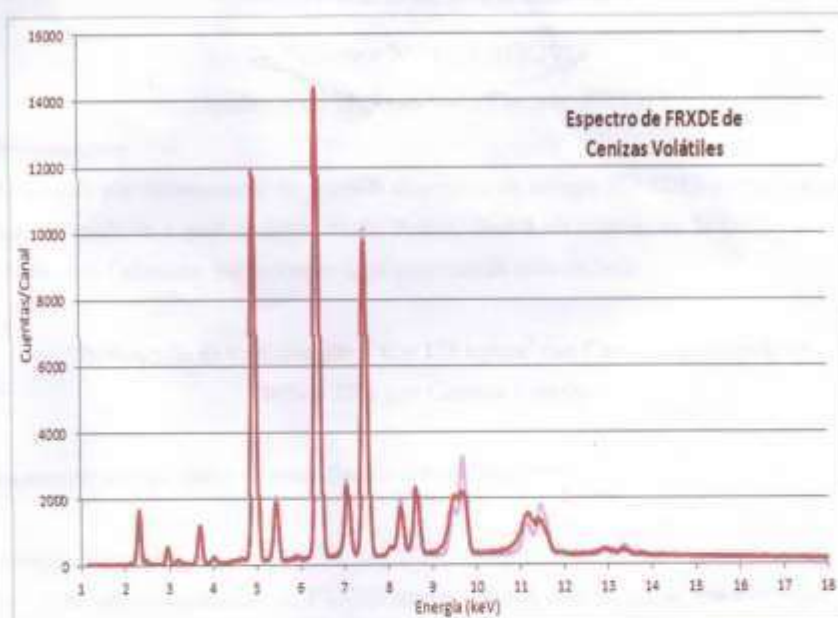


Figura 1. Espectro de FRXDE de cenizas volátiles escala lineal. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 03 de setiembre del 2018



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

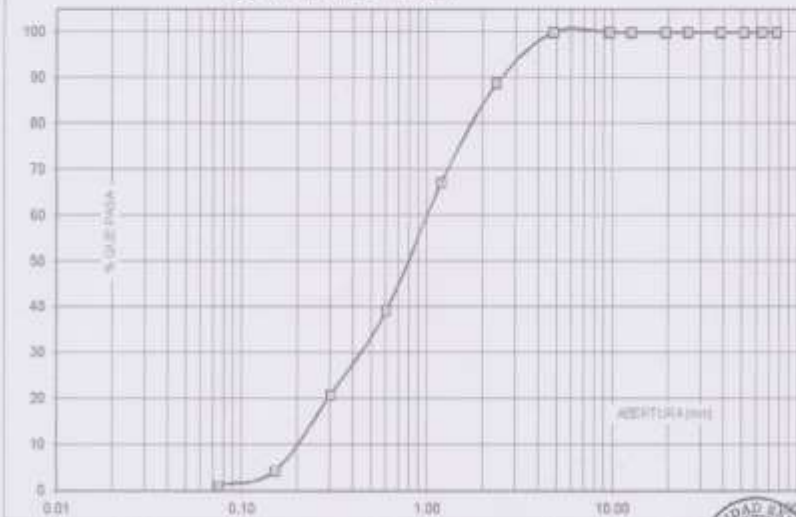
SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MLLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c = 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLÁTILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 28/08/2011

TAM2		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acum.	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	85.0	11.2	11.2	88.8
N° 16	1.18	166.0	21.7	32.9	67.1
N° 30	0.60	210.5	27.7	60.7	39.3
N° 50	0.30	140.2	18.5	79.2	20.8
N° 100	0.15	125.5	16.5	95.7	4.3
N° 200	0.08	24.4	3.2	98.9	1.1
PLATO	ASTM C 117.04	8.2	1.1	100.0	0.0
TOTAL		758.8	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.85

OBSERVACIONES  
 La Muestra tomada identificada por el solicitante.

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Fines		Arena			Grava	
Limp y Arcilla	Fina	Medio	Gruesa	Fina	Gruesa	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

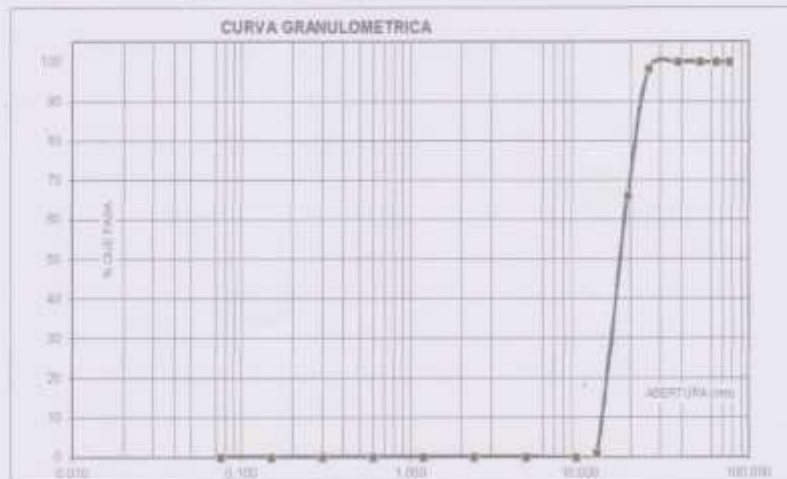
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-06)

SOLICITA: SMCH, JOSE LUIS MULLA PRIETO  
 TEMA: RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c = 175 KG/CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 35%  
 POR CENIZAS VOLÁTILES  
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CARRERA: INGENIERIA  
 MATERIA: PIEDRA CHANCADA  
 FECHA: 2008/07/18

TAMIZ	Peso retenido (gr)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (%)
Nº	4000.000	0.0	0.0	100.0
3"	58.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	35.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	0.0	0.0	100.0
3/8"	12.500	0.0	0.0	100.0
Nº 4	3.520	0.0	0.0	100.0
Nº 5	4.180	0.0	0.0	100.0
Nº 10	2.380	0.0	0.0	100.0
Nº 20	1.180	0.0	0.0	100.0
Nº 30	0.880	0.0	0.0	100.0
Nº 40	0.580	0.0	0.0	100.0
Nº 60	0.180	0.0	0.0	100.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO	4296.1734	0.0	0.0	100.0
TOTAL	1988.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Halo	Nº 10
	Ex: (ASTM C-33)

COMENTARIOS  
 La muestra tomada identificada por el subíndice



Finis Litro y Ancho	Arena			Grava	
	Fina	Meda	Granda	Fina	Granda

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 29/06/2018

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7700	7720	7740
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4374	4394	4414
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1566	1576	1583
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1576		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1584		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8220	8255	8290
Peso de molde	3326	3320	3326
Peso de muestra	4894	4929	4964
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1755	1768	1780
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1768		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1765		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Ing. Jorge Montañes Reyes  
 JEFE



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 29/08/2018

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19150	18272	18300
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13030	13152	13180
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1383	1408	1409
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1403		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1394		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20280	20095	20310
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	15160	14975	15190
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1621	1601	1624
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1615		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1605		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE





**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c= 175 KG/KM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 29/08/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr	854.60	854.60
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm <sup>3</sup>	954.60	954.60
D	Peso de picnometro + agua + material	gr	843.10	843.10
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm <sup>3</sup>	111.50	111.50
F	Peso de material seco en estufa	gr	296.40	296.40
G	Volumen de masa (E-(A-F))		107.90	107.90
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.658	2.658
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.691	2.691
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.747	2.747
K	Absorción (%) ((D-A)/A*100)		1.21	1.21

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.658  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.691  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.747  
 Absorción (%) : 1.21

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 30/08/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	763.20	763.20
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	496.00	496.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	267.20	267.20
D	Peso de material seco en estado	759.30	759.30
E	Volumen de masa (C-(A-D))	283.30	283.30
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.842	2.842
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.856	2.856
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.884	2.884
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.51	0.51

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.842  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.856  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.884  
 Absorción (%) : 0.51



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Jorge Montañes Reyes  
 30/08/2018



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

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRETO  
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F' C= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
POR CENizas VOLATILES  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 29/08/2018

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	655	995	
TARA + SUELO SECO (gr)	651	989.5	
PESO DEL AGUA (gr)	4.0	5.5	
PESO DE LA TARA (gr)	162.9	162.8	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	488.1	826.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.82	0.67	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.74	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montariz Heyes*  
Ing. Jorge Montariz Heyes  
JEFE



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

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
POR CENIZAS VOLATILES  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 29/08/2018

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	940	945	
TARA + SUELO SECO (gr)	938	938,8	
PESO DEL AGUA (gr)	4	6,2	
PESO DE LA TARA (gr)	200	166,5	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	736	822,1	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0,54	0,75	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0,65	

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
18/08/18



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 29/08/2018

### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

### MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo | "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.08

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso especifico de masa 2.66
- Peso unitario suelto 1564 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1755 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.74 %
- Absorción 1.21 %
- Módulo de fineza 2.80

D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1394 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1605 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.65 %
- Absorción 0.51 %



[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
 Cel. 990579337

Email: [lmsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:lmsyem@usanpedro.edu.pe)



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.750

### FACTOR DE CEMENTO

F.C.:  $205 / 0.750 = 273.333 \text{ kg/m}^3 = 6.43 \text{ bolsas / m}^3$

### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	273.333	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	207.876	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	900.354	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1001.330	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$\frac{273.33}{273.33}$	:	$\frac{900.354}{273.33}$	:	$\frac{1001.33}{273.33}$	:	
1	:	3.29	:	3.66	:	32.32 lts / bolsa

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

1	:	3.14	:	3.92	:	32.32 lts / bolsa
---	---	------	---	------	---	-------------------


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
*Jorge Montañez Reyes*  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.750.

### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.067
25% Cenizas volátiles.....	(m <sup>3</sup> )	0.022
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.336
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.350
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

### PESOS SECOS

Cemento.....	205.00	kg/m <sup>3</sup>
25% Cenizas volátiles.....	68.333	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	205.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	893.72	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	894.88	kg/m <sup>3</sup>

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	205.00	kg/m <sup>3</sup>
25% Cenizas volátiles.....	68.333	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	237.36	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	900.35	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1001.33	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{205.00}{205.00} : \frac{68.333}{205.00} : \frac{900.35}{205.00} : \frac{1001.33}{205.00}$$

$$1 : 0.33 : 4.39 : 4.88 \quad 36.91 \text{ lts / bolsa}$$

### PROPORCIONES EN PESO COMBINACION DEL CEMENTO Y LAS CENIZAS

$$\frac{273.33}{273.33} : \frac{900.354}{273.33} : \frac{1001.33}{273.33}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil y Engr. en Construcción



Jorge Montañes Reyes  
JEFE



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## DISEÑO DE MEZCLA ( 20% SUSTITUCION DEL CEMENTO )

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F' C= 175 KG /CM<sup>2</sup> CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 29/08/2018

### ESPECIFICACIONES

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

### MATERIALES

#### A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.08

#### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

#### C.-Agregado Fino : CANTERA : VESIQUE

- Peso especifico de masa 2.66
- Peso unitario suelto 1564 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1755 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.74 %
- Absorción 1.21 %
- Módulo de fineza 2.80

#### D.- Agregado grueso CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1394 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1605 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.65 %
- Absorción 0.51 %







**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 25% SUSTITUCION DEL CEMENTO )

SOLICITA : BACH: JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F' C= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 28/08/2018

**ESPECIFICACIONES**

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

**MATERIALES**

**A - Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.08

**B - Agua :**

- Potable, de la zona.

**C - Agregado Fino :**

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso especifico de masa 2.88
- Peso unitario suelto 1584 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1755 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.74 %
- Absorción 1.21 %
- Módulo de fineza 2.80

**D - Agregado grueso**

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1394 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1805 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.65 %
- Absorción 0.51 %





# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.750

### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.071
20% Cenizas volátiles.....	(m <sup>3</sup> )	0.018
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.336
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.350
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		<b>1.000 m<sup>3</sup></b>

### PESOS SECOS

Cemento.....	218.67	kg/m <sup>3</sup>
20% Cenizas volátiles.....	54.667	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	205.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	893.72	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	894.68	kg/m <sup>3</sup>

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	218.67	kg/m <sup>3</sup>
20% Cenizas volátiles.....	54.667	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	228.58	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	900.35	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1001.33	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{218.67}{218.67} : \frac{54.667}{218.67} : \frac{900.35}{218.67} : \frac{1001.33}{218.67}$$

$$1 : 0.25 : 4.12 : 4.58 \quad 35.54 \text{ lts / bolsa}$$

### PROPORCIONES EN PESO COMBINACION DEL CEMENTO Y LAS CENIZAS

$$\frac{273.33}{273.33} : \frac{900.354}{273.33} : \frac{1001.33}{273.33}$$

$$1 : 3.29 : 3.66 \quad 35.54 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Jorge Montañez Rey  
JEFE



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 20%**

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'CD= 175 KG/CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 29/08/2018

F' C : 175 Kg/cm2

N°	TESTIGO ELEMENTO	SI LUMP (%)	FECHA		EDAD DÍAS	FC Kg/Cm2	FOY/C (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	28/07/2015	7	133.41	84.81
02	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	28/07/2015	7	135.19	77.23
03	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	28/07/2015	7	124.29	71.00
04	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	31/07/2015	14	128.25	75.34
05	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	31/07/2015	14	115.85	66.20
06	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	31/07/2015	14	126.04	77.74
07	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	14/08/2015	28	105.87	60.30
08	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	14/08/2015	28	100.74	57.56
09	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	14/08/2015	28	97.60	55.77

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

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : BACH. JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLÁTILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 29/08/2018

F'c : 175 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	TC Kg/Cm <sup>2</sup>	FC/FC' (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	25/05/2015	01/06/2015	7	173.76	99.26
02	PATRON	-	25/05/2015	01/06/2015	7	174.74	99.85
03	PATRON	-	25/05/2015	01/06/2015	7	180.02	102.87
04	PATRON	-	25/05/2015	06/06/2015	14	212.17	121.24
05	PATRON	-	25/05/2015	08/06/2015	14	197.86	113.12
06	PATRON	-	25/05/2015	08/06/2015	14	204.85	117.06
07	PATRON	-	25/05/2015	22/06/2015	28	239.25	136.73
08	PATRON	-	25/05/2015	22/06/2015	28	254.66	145.52
09	PATRON	-	25/05/2015	22/06/2015	28	246.71	140.98

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
 Ing. Jorge Montanes Reyes  
 JEFE



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 25%**

SOLICITA : BACH: JOSE LUIS MILLA PRIETO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c= 175 KG /CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% Y 25%  
 POR CENIZAS VOLATILES  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 29/08/2018

F' C : 175 Kglm2

N°	TESTIGO ELEMENTO	SIMP (%)	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/ Cm2	FGFC (%)
01	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	24/07/2015	7	113.41	64.81
02	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	24/07/2015	7	135.19	77.23
03	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	24/07/2015	7	124.39	71.08
04	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	31/07/2015	14	128.35	73.34
05	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	31/07/2015	14	115.85	66.20
06	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	31/07/2015	14	136.04	77.74
07	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	14/08/2015	28	105.87	60.50
08	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	14/08/2015	28	100.74	57.56
09	EXPERIMENTAL	-	17/07/2015	14/08/2015	28	97.60	55.77

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

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

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE

**PANEL FOTOGRÁFICO.**



**FOTO N°01: Recolectando arena gruesa de la cantera Rubén.**



**FOTO N°02: Recolectando Piedra Chancada  $\frac{3}{4}$  de la cantera Rubén.**



**FOTO N°03: Realizando el ensayo de granulometría**



**FOTO N°04: Realizando el ensayo de Humedad de los agregados**



**FOTO N°05 y 06: Realizando el ensayo de Peso Unitario de los Agregados**



**FOTO N°07 y 08: Preparando la mezcla y realizando el SLUMP, de la mezcla**





**FOTO N°09 y 10: midiendo el SLUMP, y llenando las probetas patrón**



**FOTO N°11: Probetas patrón listo para ser curados**



**FOTO N°12: ensayando mis probetas patrón**



**FOTO N°13: Inspección del ensayo de probetas patrón por el Ing. Segundo Urrutia y el Ing. Dante Salazar.**



**FOTO N°14: ensayando realizando la mezcla para las probetas experimentales**



**FOTO N°15: Realizando el llenado y apisonado de las probetas experimentales al 20% y 25% de sustitución de Cenizas Volátiles**



**FOTO N°16: Terminando con el llenado y enrasado de las probetas experimentales al 20% y 25% de sustitución de Cenizas Volátiles**



**FOTO N°17: El Ing. Urrutia inspeccionando los trabajos en laboratorio**



**FOTO N°18: probetas encofradas y enrasadas listas para secar**



**FOTO N°19: Desencofrando las probetas experimentales con cenizas volátiles al 20% y 25% de sustitución listas**



**FOTO N°20: transportando las 18 probetas para el curado**



**FOTO N°21 y 22: Ensayando las probetas sustituidas con ceniza volátil en 20% y 25% al cemento**