

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión de un concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ,  
sustituido 15% el cemento por ceniza de cola de caballo**

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

**Autor**

Velásquez Real, Juniors Nilton

**Asesor**

López Carranza, Rubén

Chimbote – Perú

2018

## **PALABRAS CLAVE**

---

**TEMA** RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

**ESPECIALIDAD** TECNOLOGÍA DEL CONCRETO.

---

## **KEYWORDS**

---

**THEME** RESISTANCE TO COMPRESSION

**SPECIALTY** CONCRETE TECHNOLOGY

---

## **LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

---

<b>Código</b>	<b>Línea</b>
1.0.	Ingeniería Civil
2.0.	Ingeniería y tecnología.
3.0.	Ingeniería civil

---

## **TITULO**

***RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210 KG/CM2,  
SUSTITUIDO 15% EL CEMENTO POR CENIZA DE COLA DE CABALLO***

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se ha realizado la comparación de las resistencias a la compresión sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de cola de caballo en 15%, realizando el ensayo a compresión correspondiente para edades de curado de 7, 14 y 28 días.

Se llegó a determinar la resistencia a la compresión del diseño patrón y experimental, dando como resultado un incremento en la resistencia en 8.82% en comparación al diseño patrón, indicando que en la sustitución del cemento en un 15% por ceniza de cola de caballo se muestra una mayor resistencia.

La investigación se realizó con la activación térmica de la cola de caballo a 400 C° transformándose así en un material puzolánico que posea las mismas propiedades que un cemento portland tipo I, para ello se realizó el análisis de fluorescencia de rayos X que nos permitió encontrar la composición química dando como resultado al óxido de calcio (CaO 46.074%) y el óxido de sílice (SiO<sub>2</sub> 37.502%). Componentes principales del cemento.

Los resultados obtenidos en cada ensayo fueron analizados y comparados entre sí para saber si la sustitución es recomendable y beneficiosa para la construcción.

## **ABSTRACT**

In the present research project, the comparison of resistance to understanding has been made by partially replacing cement with horsetail ash by 15%, performing the corresponding compression test for ages of 7, 14 and 28 days.

The compressive strength of the standard and experimental design was determined, resulting in an increase in resistance of 8.82% compared to the standard design, indicating that the substitution of cement by 15% for horsetail ash was shows a greater resistance.

The investigation was carried out with the thermal activation of the horsetail at 400 C°, thus transforming it into a pozzolanic material that possesses the same properties as a Portland type I cement, for this the X-ray fluorescence analysis was carried out, which allowed us to find the chemical composition resulting in calcium oxide (CaO 46.074%) and silica oxide (SiO<sub>2</sub> 37.502%). Main components of cement.

The results obtained in each trial were analyzed and compared to know if the substitution is advisable and beneficial for the construction.

## INDICE GENERAL

PALABRAS CLAVES .....	i
TITULO DE INVESTIGACION .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
INDICE .....	v
INTRODUCCION.....	1
METODOLOGÍA.....	33
RESULTADOS .....	38
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN .....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
AGRADECIMIENTOS .....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
APENDICE Y ANEXOS .....	58

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la ceniza de la cola de caballo obtenida por rayos.....	pag.2
Tabla 2 <i>La composición química de la ceniza de la Cola de Caballo obtenida por rayos X.....</i>	pag.3
Tabla 3 Composición química de la ceniza de la Cola de Caballo obtenida por rayos X.....	pag.4
Tabla 4. Materias primas principales del cemento .....	pag.8
Tabla 5. <i>Porcentajes de materias primas principales del cemento.....</i>	pag.8
Tabla 6 <i>Requisitos Granulométricos del agregado fino.....</i>	pag.12
Tabla 7 <i>Requisitos para agua de mezcla – NTP 339.088.....</i>	pag.15
Tabla 8. <i>Composición química expresada como óxidos.....</i>	pag.21
Tabla 9. <i>Composición química expresada como elementos.....</i>	pag.22
Tabla 10 <i>Límites de granulometría según Norma ASTM C-33/NTP 400.037.....</i>	pag.24
Tabla 11. <i>Clasificación de la arena por su módulo de finura.....</i>	pag.25
Tabla 12. <i>Resistencia a la compresión promedio. ....</i>	pag.27
Tabla 13. <i>Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto. ....</i>	pag.27
Tabla 14 <i>Cantidad aproximada de agua para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire.....</i>	pag.28
Tabla 15. <i>Relación agua / cemento vs f'c.....</i>	pag.28
Tabla 16 <i>Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto.....</i>	pag.29
Tabla 17. <i>Diseño completo al azar.....</i>	pag.34
Tabla 18. <i>Técnicas de Recolección de Información.....</i>	pag.35
Tabla 19. <i>Cálculo de la cantidad de ceniza de cola de caballo.....</i>	pag.37
Tabla 20 <i>Cantidad de materia antes y después de la calcinación.....</i>	pag.38
Tabla 21 <i>pH del cemento tipo I, ceniza de cola de caballo y la combinación de ambos con 15% de sustitución.....</i>	pag.39
Tabla 22. <i>Composición química de ceniza de ceniza con 15% de sustitución.....</i>	pag.40
Tabla 23. <i>Composición química de ceniza de ceniza de cola de caballo.....</i>	pag.41
Tabla 24. <i>Propiedades Físicas de los agregados para el concreto.....</i>	pag.42
Tabla 25. <i>Cantidad de material para el diseño patrón f'c=210kg/cm<sup>2</sup>.....</i>	pag.42
Tabla 26. <i>Cantidad de material para el diseño experimental f'c=210kg/cm<sup>2</sup>.....</i>	pag.43
Tabla 27. <i>Resultado de ensayo a compresión axial del concreto endurecido diseño patrón.....</i>	pag.43
Tabla 28. <i>Resultado de ensayo a compresión del concreto endurecido del diseño experimental.....</i>	pag.46
Tabla 29 <i>Resultado de ensayo a compresión del concreto patrón y experimental.....</i>	pag.49
Tabla 30. <i>Porcentajes de materias primas principales del cemento tipo I.....</i>	pag.52

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de ATD. J. M. CRIADO.....	pag.23
Figura 2. Composición química de ceniza de ceniza con 15% de sustitución.....	pag.40
Figura 3. Composición química de ceniza de ceniza de cola de caballo.....	pag.41
Figura 4. Resistencias patrón a la edad de 7 días de curado.....	pag.43
Figura 5. : Resistencias patrón a la edad de 14 días de curado.....	pag.44
Figura 6. Resistencias patrón a la edad de 28 días de curado.....	pag.44
Figura 7. Resistencias patrón promedio a edad de 7 14 y 28días.....	pag.45
Figura 8. Representación de las resistencias experimental de 7 días en porcentaje.....	pag.46
Figura 9. Representación de las resistencias experimental de 14 días en porcentaje.....	pag.47
Figura 10. Representación de las resistencias experimental de 28 días en porcentaje...	pag.47
Figura 11. Resistencias experimental promedio a edad de 7, 14 y 28 días.....	pag.48
Figura 12. Representación de las resistencias promedios en porcentaje de patrón versus experimental .....	pag.49

## INTRODUCCION

El concreto es el material constituido por la mezcla, en ciertas proporciones, de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

Los antecedentes referidos al estudio de investigación, después de haberse realizado la búsqueda bibliográfica estuvo orientada a determinar a aquellas Instituciones o Investigadores que han efectuado estudios relacionados con las propiedades de ceniza de cola de caballo (*Equisetum arvense*) relacionado a sustitución parcial del cemento.

Gierlinger, N., Sapei, L., y Paris, O. (2007), sostiene que, la planta cola de caballo contiene alta acumulación de sílice seca hasta un 25% en peso. Aspectos de la deposición de sílice, su asociación con otras biomoléculas, así como la composición química del tejido fortalecimiento exterior todavía no están claros. Estas cuestiones se abordan mediante el uso de alta resolución (<1 micras) confocal Raman microscopía

Del mismo modo Carneiro, M., Magalhaes, W., Muñoz, G., Nisgoski, S., y Satyanarayana, K. (2015), sostiene que, es posible obtener nano partículas de sílice a partir de *arvenses Equisetum* (cola de caballo) de manera eficiente mediante la adopción de tratamientos térmicos química adecuada.

El lavado con ácido de las muestras de *Equisetum arvenses* con HCl 2% no sólo solubiliza, pero también elimina algunos de los elementos presentes en el material de la planta durante la disolución, como se evidencia en estudios de análisis estructural por fluorescencia de rayos X y difracción (XRF). Esto indica que el tratamiento HCl antes de cualquier calcinación es muy ventajoso ya que proporciona una materia prima de alta pureza a partir de que para producir sílice Nano.

La combinación de dos ciclos de lavado con ácido y calcinación a 773 K (500°C) en 2 horas dio las mejores partículas de sílice Nano de alta pureza está asociada no sólo con

el color del material de sílice obtenida, sino también con la retención de la naturaleza amorfa pesar de los efectos combinados de ambos químicos y tratamientos térmicos utilizados.

La aplicación también puede incluir la sustitución de la sílice activada o micro en la producción de hormigón de altas prestaciones.

Tabla 1

*Composición química de la ceniza de la cola de caballo obtenida por fluorescencia de rayos X*

óxidos	T1 la muestra (%)	T11 de la muestra (%)
SiO <sub>2</sub>	59.6	93.5
CaO	15.2	1.8
SO <sub>3</sub>	2.2	0,9
K <sub>2</sub> O	11	0,6
MgO	4.9	0,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2	0,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.5	0,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2	0,1
ZnO	0,1	<0,1
TiO <sub>2</sub>	0	<0,1
CuO	<0,1	<0,1
SrO	0,1	0
MnO	0,1	0
BaO	0,1	0
ZnO	0,1	0
CuO	<0,1	0
Ceniza	2.19	1.76

Composición química de la cola de después de tratamiento químico.

Del mismo modo Balarezo, A. (2016), sostiene que, la temperatura de activación para la cola de caballo se encuentra en el rango de 260°C – 340°C, la temperatura que tomo para su investigación fue el promedio del rango notorio (300°C) en un tiempo de 2 horas, así obtuvo partículas de nano sílice, el cual con el análisis de fluorescencia química se apreció que el mayor componente de óxidos activados es de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) con

51.359%, Óxido de magnesio (MgO) 14.526%, Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O) 13.753% y Óxido de calcio (CaO) 11.931%, los cuales son componentes puzolánicos cementantes, siendo como componente principal de investigación el dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>). Además, que el pH obtenido de ceniza de la cola de caballo activada es de 10.89 y del cemento tipo I sustituido con el 5% de las cenizas activadas arroja un pH de 12.53, obteniendo un material alcalino. Fue utilizada para mejorar la resistencia en mortero con cemento sustituido en 5% por cenizas de la cola de caballo procedente de la huaca choloque. La investigación concluyo que al sustituir al cemento la diferencia de resistencia está en 1.73% más que el mortero patrón.

Tabla 2

*La composición química de la ceniza de la Cola de Caballo obtenida por fluorescencia de rayos X*

<b>Composición química</b>	<b>Resultado (%)</b>
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	51.359
Óxido de magnesio (MgO)	14.526
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	13.753
Óxido de calcio (CaO)	11.931
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.646
Pentóxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.624
Trióxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.206
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.815
Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.087
Óxido de estroncio (SrO)	0.052
Óxido de zinc (ZnO)	0.021

**Fuente:** Laboratorio LABICER universidad nacional de Ingeniería.

Del mismo modo Amaranto, E. (2017), sostiene que, las partículas de nano sílice de las cenizas del tallo de la cola de caballo (*Equisetum arvenses*). Obteniendo las siguientes conclusiones: que la temperatura de activación se encuentra en el rango de 320°C – 400°C, optando por la activación térmica a 380°C con un tiempo de 2 horas, obteniendo partículas de sílice de alta pureza como resultado un 52.438% de SiO<sub>2</sub>, 13.612% de CaO y 5.539% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como elemento puzolánico. Además, que el pH obtenido fue de 9.59, siendo un material alcalino. Fue utilizada para mejorar la resistencia a nivel de subrasante de un

suelo arcilloso sustituido al 10% por estas cenizas del tallo de la cola de caballo en el tramo Yanac – Sihuas. Y como conclusión el suelo mejoro su resistencia en un 4.7% respecto al suelo patrón sin sustituir.

Tabla 3

*Composición química de la ceniza de la Cola de Caballo obtenida por fluorescencia de rayos X*

<b>Composición química</b>	<b>Resultado (%)</b>
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	52.438
Óxido de magnesio (MgO)	14.524
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	13.612
Óxido de calcio (CaO)	11.416
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5.539
Pentóxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2.634
Trióxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.117
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.629
Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.076
Óxido de estroncio (SrO)	0.054
Óxido de zinc (ZnO)	0.028

**Fuente:** Laboratorio LABICER universidad nacional de Ingeniería.

La ceniza de cola de caballo podría tener uso en el campo de la construcción y a la vez reducir el impacto ambiental, por tal motivo, y de acuerdo con las necesidades específicas requeridas, se hace indispensable el estudio de las características principales del concreto cuando se le sustituya al cemento por ceniza de cola de caballo, y cómo podría influir éste a la mezcla, en cuanto a la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y uso en la construcción.

Del mismo modo Velásquez, J. (2017), sostiene que, la ceniza de cola de caballo tiene la similitud de las propiedades químicas de un cemento portland tipo I que reacciona como un material cementante el cual al ser calcinado a 300 °C nos da como sus principales componentes químicos al oxido de silicio un 51.359% (SiO<sub>2</sub>), y oxido de calcio un 11.931% de (CaO). Además, que el pH obtenido de la ceniza de cola de caballo fue de 8.85 y de la combinación del cemento con sustitución del 12% fue un pH de 13.67, resultando un material alcalino. La ceniza fue utilizada para mejorar la resistencia a la

compresión del concreto, con los ensayos a la compresión a la edad de 28 días el diseño experimental supero al diseño patrón en 5.62% de su resistencia.

Mediante la presente investigación, se busca mejorar de manera específica la resistencia obtenida con el concreto, el que beneficiara casi en su totalidad a las viviendas en el distrito de Chimbote. En la actualidad buscar alternativas de recursos naturales para el diseño de un concreto, nos lleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la usan, a corto plazo será una opción interesante para la construcción, debido a que las técnicas constructivas ofrecerán en el futuro estructuras con los elementos más ligeros y delgados, pero con una resistencia sumamente mayor y aun costo menor.

Los problemas de durabilidad han afectado diversos tipos de estructuras, las cuales una vez que se presentan ya no son funcionales ni eficientes y están destinadas a no cumplir con su vida de servicio estimada. Los problemas de durabilidad no se limitan a su diseño inicial y construcción, tienen una fuerte intervención en la operación, ocasionan costos y pérdidas económicas para el propietario o inversionista, ya sea por reparación de las zonas afectadas, por la sustitución de elementos que se han deteriorado o por costos operativos imputables a remodelaciones o mantenimientos periódicos.

A fin de disminuir el impacto ambiental que genera la explotación de áridos naturales provenientes de canteras y lechos de ríos usados para la fabricación de concretos, en este caso la ceniza de cola de caballo es un material de uso aceptable por ser un recurso inagotable.

Actualmente la problemática de nuestra localidad es el bajo rendimiento de las edificaciones, debido a que tratan de economizar en materiales, ahí partimos nuestro trabajo de investigación, buscamos comprobar que sustituyendo el cemento parcialmente por ceniza de cola de caballo se puede obtener una mejor resistencia a compresión de un concreto, por lo expuesto se plantea la siguiente pregunta:

**¿En qué medida la calcinación de la cola de caballo proveniente del valle del Santa, permitirá obtener un material puzolánico capaz de sustituir en 15% al cemento en el diseño de concreto en comparación a un diseño convencional  $F'c=210\text{kg/cm}^2$ ?**

De la bibliografía consultada se pudo revisar diversas definiciones que serán útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

El concreto es el material constituido por la mezcla, en ciertas proporciones, de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellas. La mezcla de estos compuestos producen una masa plástica que puede ser moldeada pero cuanto más pasa el tiempo esta pierde esa característica y se vuelve cada vez más rígida. (Pasquel, E. 1998)

El concreto simple es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (Castillo, A. 2009)

### ***Componentes del Concreto***

La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados, y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por tanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento (Pasquel, E. 1998)

## **Cemento**

El cemento es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos (Rivera, A. 2010)

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

## **Cemento Portland**

Producto que se obtiene por la pulverización del clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. (Rivera, A 2010)

## **Composición Química del Cemento**

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. (Abanto, C. 2009, pág. 16)

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

Tabla N° 4

*Materias primas principales del cemento*

%	COMPONENTE QUIMICO	PROCEDENCIA USUAL
95 %	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	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, pirita
5%	Oxido de Magnesio, Sodio, Potasio, titanio, azufre, Fósforo y magnesio	Minerales Varios

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Jiménez.

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación fue el cemento Portland Tipo I.

Tabla N° 5

*Porcentajes de materias primas principales del cemento*

Compuestos	Porcentajes
<b>CaO</b>	61 % - 67 %
<b>SiO<sub>2</sub></b>	20 % - 27 %
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4 % - 7 %
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2 % - 4 %
<b>SO<sub>3</sub></b>	1 % - 3 %
<b>MgO</b>	1 % - 5 %
<b>K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O</b>	0.25 % - 1.5 %

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Jiménez.

**Cemento Portland Tipo I**

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

## **Características Físicas del Cemento**

### **Peso Específico**

El peso específico del cemento varía entre límites estrechos, siendo su valor de 2.90 a 3.15 g/cm<sup>3</sup>.

### **Fineza**

(ASTM C 204-84), La finura del cemento es una característica física muy importante porque la hidratación de los granos que lo componen es muy lenta y depende naturalmente del diámetro del grano. Se estima que la velocidad de hidratación es del orden de 3.5 micras en 28 días, lo cual significa que la parte central de los granos relativamente gruesos pueden durar varios años en hidratarse, e inclusive no llegar jamás a hidratarse totalmente. Es claro que en estas circunstancias cuanto más fino sea el cemento, mayor será la cantidad que se hidrata, ya que la superficie total expuesta al agua es mucho mayor. Al hidratarse un mayor porcentaje del peso total del cemento, se obtiene una resistencia mayor.

La medida de la finura se expresa por el área de las partículas contenidas en un gramo del material, lo cual se denomina SUPERFICIE ESPECIFICA y se mide en cm<sup>2</sup> por gramo.

La finura se puede medir por sistemas directos o por sistemas indirectos. Dentro de los primeros están los procedimientos de tamizado, como son el tamiz número 200 (75 μm).

### **Agregados**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la **NTP 400.011**.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros).

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm.

## **Clasificación de los Agregados**

### **Agregado Fino**

El agregado fino es un material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan por el tamiz de 3/8" (9.51 mm) y es retenido por el tamiz N°200 **Norma Técnica Peruana 400.011.**

### **Propiedades del Agregado Fino**

Debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las Normas Técnicas Peruanas.

La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirá obtener valores que serán utilizados para los diseños de mezclas de concreto a estudiar. Las propiedades físicas a determinar son: Peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa la malla N° 200, contenido de humedad y absorción.

### **Peso Unitario**

El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m<sup>3</sup>. El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de

humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

### **Peso Específico**

El Peso Específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material.

Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

### **Contenido de Humedad**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 hrs.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

### **Absorción**

Es la capacidad del agregado fino de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 hrs), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

## Granulometría

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena.

El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas.

Tabla N°6

Requisitos Granulométricos del agregado fino

Malla	% que Pasa
3/8"	100
N° 4	95-100
N° 8	80-100
N° 16	50-100
N° 30	25-60
N° 50	10-30
N° 100	0

Fuente: Norma A.S.T.M. C-33

## Módulo de Finura

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe tener un

Módulo de Fineza no menos a 2.35 ni mayor a 3.15.

Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en la mallas N°4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la apreciación del Módulo de Finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducen segregación y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta

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

### **Agregado Grueso**

El agregado grueso es el retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, que cumple con los límites establecidos en la **Norma Técnica Peruana 400.037**.

El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos, depositados en forma natural.

### **Propiedades del Agregado Grueso**

Las propiedades físicas a determinar en un agregado grueso son: peso unitario, peso específico, contenido de humedad, absorción, granulometría.

#### **Peso Unitario**

El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m<sup>3</sup>.

Los valores para agregados normales varía entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup>. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados, y en caso de proporcionarse el concreto por volumen. Se determinan dos (2) pesos unitarios. Peso unitario compactado (PUC) y el Peso Unitario Suelto (PUS).

#### **Peso Específico**

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; valores altos entre 2.5 a 2.8, corresponden 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.)

## **Contenido de Humedad**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje) la cantidad de agua del concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 hrs.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

## **Absorción**

Es la capacidad del agregado grueso de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/ cemento.

También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 hrs), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

## **Granulometría**

La Granulometría se refiere a la distribución por tamaños de las partículas de los agregados.

El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. Las mallas utilizadas para determinar la granulometría de los agregados se designa por el tamaño de la abertura cuadrada en pulgadas.

Las Normas Nacionales especifican la granulometría de los agregados gruesos en 10 series, que son similares a las normas ASTM.

## **Agua para Concreto**

El agua im potable no debe utilizarse en el concreto a menos que se cumplan las siguientes condiciones:

La dosificación debe estar basada en mezclas de concreto que utilice agua de la misma fuente.

Los cubos para ensayos de morteros hechos con agua impotable de mezcla, deben tener una resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de edad, igual o mayor al 90% de la resistencia a la compresión de probetas similares hechas con agua potable. Martínez (2010),

El agua con una salinidad de 3,5% produce una reducción de resistencia a los 28 días del 12%, aumentando la salinidad a 5% la reducción de resistencia es del orden del 30%. La presencia de sales produce oxidación del refuerzo, por lo tanto no debe usarse agua salada en concreto reforzado y pre-esforzado.

Tabla N°7

*Requisitos para agua de mezcla – NTP 339.088*

Descripción	Limite Permisible
<b>Cloruros</b>	300 ppm.
<b>Sulfatos</b>	300 ppm.
<b>Sales de Magnesio</b>	50 ppm.
<b>Sales Solubles Totales</b>	1500 ppm.
<b>pH.</b>	Mayor de 7
<b>Sólidos en Suspensión</b>	500 ppm.
<b>Materia Orgánica</b>	0 pm.

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088

### **Propiedades del Concreto Fresco**

Se le llama así a la etapa del concreto recién mezclado cuyo estado es plástico y moldeable, el cual aún no ha logrado alcanzar su fragua inicial, ni endurecimiento y adopta la forma del encofrado.

La mezcla de concreto debe presentar una consistencia que permita un fácil transporte y colocación, sin segregación.

### **Trabajabilidad y Consistencia**

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

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia. La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

Se determina mediante el ensayo de Slump mediante la utilización del Cono de Abrahams. **(Castillo, A. 2009)**

### ***Segregación***

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero.

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciéndose en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejas, etc.

La segregación está en función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta, y menor cuanto más seca lo es. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. **(Castillo, A. 2009)**

### ***Exudación***

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla Nro. 100, la exudación será menor, pues se retiene el agua de mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a la estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. (Pasquel, E. 1998)

### ***Contracción***

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia.

La pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible. Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento, y es la contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla. Este proceso no es irreversible, ya que si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida. (Pasquel, E. 1998)

### **Propiedades Del Concreto Endurecido**

Es importante las propiedades del concreto al estado endurecido, ya que estas reflejan el comportamiento del concreto en el futuro, es decir, va ser en este estado, en el cual se va tener que soportar las cargas para las cuales se ha diseñado, aunque también tienen importancia las cualidades del concreto en estado plástico anteriormente estudiado.

La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

### **Resistencia**

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que completan la estructura del concreto. (Pasquel, E. 1998)

### ***Durabilidad***

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente incluso de aire, o aplicando un revenimiento protector a la superficie. (Castillo, A. 2009)

### **Ceniza de la Cola de Caballo**

#### **Generalidades**

La Cola de Caballo menor (*Equisetum arvense*) forma parte de las plantas que se emplean en los preparados, sirve para prevenir la mayor parte de las enfermedades

criptogámicas (hongos) del mundo vegetal. Su acción se basa en la elevada cantidad de ácido silícico que elabora y concentra esta planta en sus tejidos (90% Si O<sub>2</sub> de las cenizas de la planta).

La especie *E. Arvense* tiene alguna característica que la hacen peculiar, pero como todas las de su familia se nos presenta como un conjunto de tallos tubulares articulados, que no contienen médula en su interior sino aire: están huecos. Las paredes de estos tallos contienen mucho sílice, Las hojas son unas pequeñas escamas que hay en los nudos del tallo y reunidas en forma de collar.

Se extienden horizontalmente en el suelo, crean órganos de reserva alimenticia y generan nuevos brotes.

Los suelos donde crece suelen ser pobres, medio arenosos y medio arcillosos, con humedad estancada en profundidad y una superficie que deje penetrar mucho calor. Suele encontrarse en campos, praderas, depresiones, pendientes, etc. *E. arvense* que crecen a partir del mes de mayo. Se recolectan, sin las raíces, desde el 24 de junio hasta agosto, ya que es en esta época en la que contienen más sílice. Cuanto más edad tienen los árboles, más necesaria y eficaz es la cola de caballo.

**La Ceniza de la Cola de Caballo** (*Equisetum Arvensis*) es un residuo sólido que se activó térmicamente producto de la combustión. Si la combustión ha sido completa, la ceniza es exclusivamente inorgánica.

Las Cenizas de la Cola de Caballo están compuestas por un aglomerado de microesferas de hasta cientos de micras de diámetro, constituidas generalmente por hierro, sodio, potasio, calcio, fósforo, titanio y azufre.

Las cenizas provenientes de este tipo de material se caracterizan por una distribución granulométrica fina y altos contenidos en silicio y en fases reactivas. Debido a estas propiedades, estas cenizas son una excelente materia prima.

## **Propiedades de la Cola de Caballo**

Su nombre científico es: Equisetum Arvensis

La Cola de Caballo poseen una serie de características interesantes para la construcción, su composición química es  $\text{SiO}_2 + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$  y es similar a la composición química del cemento  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$  que alcanza un porcentaje de 93%; garantizando que puede sustituir al cemento en un porcentaje alto. Pueden utilizarse como material resistente sin necesidad de añadirse sustancias químicas.

En todos estos casos, o bien se han utilizado tratamiento con álcali junto con la desfibrilación de alta presión y / o tratamiento ácido o una explosión de vapor. De hecho, debido a la presencia de protuberancias de sílice en los tallos y hojas, las *Equisetum Arvensis*, es una fuente tan reciente usada para producir sílice nano.

Esto se debe a las especies de Equisetum se conocen como plantas con alta acumulación de silicio. También ha sido bien establecido que esta especie contiene sales / minerales de potasio, magnesio, calcio, fósforo, sodio y aluminio como sus constituyentes, que tiene más de 10% de los componentes inorgánicos, así como compuestos fenólicos, flavonoides, entre otros. También está bien establecida la posibilidad de concentraciones de silicio alcanzando aproximadamente el 25% de su peso seco en estas especies y 25 en peso.% De sílice se ha encontrado que se han acumulado en los 'perillas en la forma amorfa y como una capa fina por debajo de la cutícula .También se informa de que los depósitos de sílice en las plantas pueden estar presentes en las paredes celulares, en las células y en el espacio intercelular, como un medio para absorber el ácido salicílico de la tierra y para el transporte de al interior de las plantas.

La altura es muy variable, y oscila entre poco más de 60 cm en ciertas variedades enanas y 2.00 m.

Esta especie no tiene flores. Las esporas se producen en esporangios alargados (que abren longitudinalmente) que se encuentran en la superficie interna de estructuras hexagonales, peltadas, llamadas esporangióforos (aproximadamente 6 esporangios por cada esporangióforo), que se disponen verticiladas en estróbilos ubicados en las puntas de

los tallos, y que son elípticos u oblongos, de aproximadamente 15 mm de largo, terminados en una puntita negra. Las esporas son esféricas, verdes, con 4 eláteres en forma de banda. Sus raíces son tallos subterráneos, llamados rizomas, largos y ramificado.

### **Características Químicas de la Cola de Caballo**

Composición química. Sales minerales (15-20%), especialmente sales de silicio. También contiene fitosteroles, ácidos fenólicos, flavonoides y vitamina C, Según (Kestur 2015)

**Propiedades farmacológicas.** El equiseto tiene propiedades diuréticas suaves, es hemostático y remineralizante. También tiene acción antiséptica. Aunque se ha descrito la capacidad de modificar el tejido conjuntivo e interactuar con el metabolismo de fosfatos y calcio, estas propiedades no se han demostrado experimentalmente.

### **Composición Química de la Cola de Caballo**

Según Balarezo (2016) El análisis de fluorescencia química de la cola de caballo activado a 300°C por el periodo de 2 horas se refleja en la tabla 8 y tabla 9.

*Tabla 8*

*Composición química expresada como óxidos.*

Composición química	Resultado (%)
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	51.359
Óxido de magnesio (MgO)	14.526
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	13.753
Óxido de calcio (CaO)	11.931
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.646
Pentóxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.624
Trióxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.206
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.815
Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.087
Óxido de estroncio (SrO)	0.052
Óxido de zinc (ZnO)	0.021

**Fuente:** Laboratorio LABICER universidad nacional de Ingeniería.

Tabla 9

Composición química expresada como elementos.

Composición química	Resultado (%)
silicio (Si)	51.262
magnesio (Mg)	7.793
potasio (K)	6.009
calcio (Ca)	22.688
aluminio (Al)	2.274
fosforo (P)	1.212
hierro (Fe)	1.206
azufre (S)	1.327
titanio (Ti)	0.139
estroncio (Sr)	0.126
zinc (Zn)	0.067

**Fuente:** Laboratorio LABICER universidad nacional de Ingeniería.

La tabla 8 y 9 indica que cuando el elemento trabaja con el óxido, la composición química cambia, otro aspecto que podemos ver es que la cola de caballo contiene alto contenido de Dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). Estos análisis se realizaron en el laboratorio N° 12 en la facultad de ciencias de la Universidad Nacional De Ingeniería, por medio del equipo Espectrómetro de fluorescencia de rayos X. SHIMADZU. EDX 800-HS

### **Obtención de la Cola De Caballo**

La cola de caballo es extraída mediante corte manual ceca de los lugares húmedos, se la puede encontrar en los alrededores de ríos, riachuelos y lugares húmedos de la zona.

La materia prima (Cola de caballo) será recolectada de los riachuelos del distrito de santa, cerca de la huaca Choloque, Distrito de Santa.

### **Ubicación UTM de la cola de caballo**

La Huaca choloque se ubica a unos 2.28 km de la plaza de armas de Santa en dirección norte, constituye una zona agrícola ubicada cerca de un canal de regadío.

La superficie se encontraba prácticamente lleno de sembríos habiéndose desarrollado escasos matorrales de pequeño porte a orillas del canal en donde se ubica la cola de caballo. La morfología del terreno no dificultó el acceso al terreno pudiendo alcanzar el punto idóneo para la obtención de la cola de caballo.

Las coordenadas exactas en UTM son las siguientes:

17 L 0764595      9006660

### **Análisis térmico diferencial**

Se pone de manifiesto que ésta permite una mayor eficacia en el control de los fenómenos de transporte de masa y energía que la Termogravimetría o el Análisis Térmico Diferencial. En consecuencia, los datos obtenidos por el método de ATVC son más representativos de la reacción química estudiada que los obtenidos por procedimientos convencionales. Finalmente se señala que equipos convencionales tales como, termobalanzas, espectrógrafos de masa, etcétera, pueden adaptarse fácilmente para llevar a cabo experimentos mediante el método de ATVC. (J. M. CRIADO, A. ORTEGA, J. ROUQUEROL, F. ROUQUEROL, 1987)

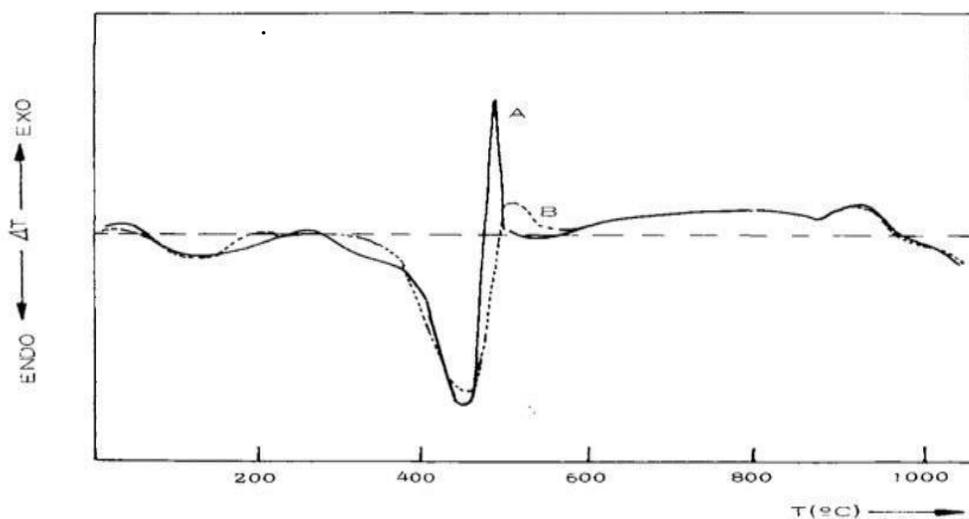


Figura N° 1: curva de ATD. J. M. CRIADO

### **Características Físicas de los Agregados Según la Norma ASTM Y NTP**

**Agregado Fino, ASTM C-33 / NTP 400.037**

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa al tamiz 4 (4.75 milímetros) es decir, un tamiz con cuatro aberturas por pulgadas lineales y que cumple con los límites establecidos (Rivva, 2007).

### **Granulometría, ASTM C-136 / NTP 400.012**

La granulometría es la distribución de partículas de un agregado. El tamaño de las partículas del agregado se determina por tamices con aberturas normadas.

El agregado fino tendrá que estar graduado y dentro de los límites permitidos.

*Tabla N° 10*

*Límites de granulometría según Norma ASTM C-33/NTP 400.037*

Tamiz	Porcentaje que Pasa
¾" (9,5 mm)	100%
No. 4 (4,75 mm)	95 a 100%
No. 8 (2,36 mm)	80 a 100%
No. 16 (1,18 mm)	50 a 85%
No. 30 (600 µm)	25 a 60%
No. 50 (300 µm)	10 a 30%
No. 100 (150 µm)	2 a 10%

FUENTE: Rivva, 2007

El agregado fino no deberá tener más de 45 por ciento retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura deberá estar entre 2,3 y 3,1. Si el agregado no cumple con estos requisitos puede utilizarse siempre y cuando cumpla con la prueba de esfuerzo del mortero que establece la Norma ASTM C 87, donde es aceptada si después de los siete días la prueba presenta el 95 por ciento de su resistencia de diseño.

Tabla N° 11

*Clasificación de la arena por su módulo de finura*

Tipo de Arena	Módulo de Finura
Gruesa	3.2 gramos
Media	2.9 gramos
Fina	2.2 gramos
Muy Fina	1.5 gramos

**Fuente:** Gaitan, 2002

### **Agregado Grueso, ASTM C-33 / NTP 400.037**

El agregado grueso está formado por gravas trituradas escorias de explosión de concreto, piedra triturada (Rivva, 2007).

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla (Rivva, 2007).

### **Granulometría, ASTM C-136 / NTP 400.012**

El agregado grueso a utilizar en el trabajo, basado en la severidad de la intemperización, abrasión y otros factores de exposición. Se espera que los límites para agregado grueso involucrado en la investigación, correspondientes a cada designación de clase aseguren su desempeño satisfactorio en el diseño del concreto.

El agregado grueso varían de 1.18 milímetros (0.046 pulgadas a 100 milímetros (4 pulgadas), dentro de los límites permitidos.

### **Absorción Y Contenido De Humedad, Astm C-566 / NTP 339.185**

Incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un

porcentaje de masa seca. (Porcentaje de absorción y humedad en los agregados del diseño de mezclas).

El agregado se considera seco cuando se ha mantenido a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por suficiente tiempo para remover el agua no combinada.

Para corregir el peso del material al hacer mezclas de concreto, es necesario obtener el porcentaje de humedad contenida además del porcentaje de absorción del agregado.

- Seco al horno, completamente seco y absorbente.
- Seco superficialmente, pero con un cierto porcentaje de humedad.
- Saturado y de superficie seca, para no absorber agua del concreto.

#### **Peso Específico Para Agregado Grueso Según La Norma ASTM C-127 / NTP 400.021**

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en mezclas de concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas en base a un volumen absoluto. También es utilizada en el cálculo de vacíos en los agregados en el método de ensayo C 29/C 29M. (Densidad, s.f.)

#### **Peso Específico Para Agregado Fino Según Norma ASTM C-128 / NTP 400.022.**

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en mezclas de concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas en base a un volumen absoluto. También es utilizada en el cálculo de vacíos en los agregados en el método de ensayo C 29/C 29M. (Densidad, s.f.)

#### **Densidad Aparente (Masa Unitaria) De Los Agregados, ASTM C-29 / NTP 400.017**

La densidad aparente la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de agregado a granel, referido a determinar

- Masa unitaria compactada
- Masa unitaria suelta

## Diseño De Mezcla Usando El Método ACI 211

La recomendación original del ACI data del año 1944, habiendo experimentado relativamente muy pocas variantes sustantivas hasta la última versión emitida por el Comité 212.1 el año 1991.

Está basado en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos por ASTM C 33, define el agua de mezcla empíricamente en función del Tamaño Máximo del agregado y del slump (asentamiento) como medida de trabajabilidad; asimismo, establece de manera empírica el volumen de agregado grueso compactado en seco en función del Tamaño Máximo de la piedra y el Módulo de Fineza de la arena exclusivamente y correlaciona la relación agua/cemento en peso con la resistencia en compresión .

TABLA N° 12

*Resistencia a la compresión promedio.*

$f'c$ ( kg / cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ ( kg / cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ ( kg / cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ ( kg / cm <sup>2</sup> )
Menor de 210	$f'c + 70$	175	245
210 a 350	$f'c + 84$	210	294
Mayor de 350	$f'c + 98$	350	448

Fuente: Rivva, 1992

TABLA N° 13

*Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto.*

Resistencia del Concreto	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0 " a 2 "	Poca
Plástica	3 " a 4 "	Buena
Húmeda	$\geq 5 "$	Poco

Fuente: Rivva, 1992

**TABLA N° 14**

*Cantidad aproximada de agua para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire.*

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

**Fuente:** A.C.I, 1981.

**TABLA N° 15**

*Relación agua / cemento vs f'c.*

f'c a 28 Días (Kg/cm2)	Relación Agua/Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.3	
400	0.4	
350	0.5	0.4
300	0.6	0.4
250	0.6	0.5
200	0.7	0.61
150	0.8	0.7

**Fuente:** A.C.I, 1981.

TABLA N° 16

*Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto.*

Tamaño Nominal del Agregado	Máximo	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino			
		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"		0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"		0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"		0.66	0.64	0.62	0.60
1"		0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"		0.76	0.74	0.72	0.70
2"		0.78	0.76	0.74	0.72
3"		0.81	0.79	0.77	0.75
6"		0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** A.C.I, 1981.

### **Proceso de hidratación del cemento**

La hidratación del cemento es el proceso mediante el cual este material, al mezclarse con el agua, reacciona y empieza a generar enlaces o estructuras cristalinas. Los componentes principales del Clinker son el silicato tricálsico (C3S), silicato dicálsico (C2S), aluminato tricálsico (C3A), ferro aluminato tetracálsico (C4AF), óxido de magnesio (MgO), Cal libre (CAO) y sulfatos de Alcalis.

Para el diseño de mezcla se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2,3, y 3,1 o, donde un valor menor que 2,0 indica una arena fina 2,5 una arena de finura media y más de 3,0 una arena gruesa.

El módulo de finura es un índice de la finura del agregado entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado.

Una de las características más importantes al momento de dosificar los concretos es la cantidad de agua que estos son capaces de absorber, en cuanto a la ceniza de cola de caballo sabemos que es un material poroso con capacidad de absorber mayor cantidad de agua al momento de ser sustituido parcialmente con el cemento. La sustitución de ceniza de cola de caballo disminuyó la trabajabilidad del concreto, debido a la mayor demanda de agua, disminuyó la trabajabilidad del concreto con respecto al concreto patrón.

La influencia de la ceniza de cola de caballo sobre la resistencia a compresión de concretos fue significativa. Para probetas con un 15% de sustitución de cemento por ceniza de cola de caballo curada durante 28 días, las probetas fueron más resistentes que las probetas patrón.

El agregado fino con un módulo de fineza menor a 2.5 tiene la capacidad de absorber mayor cantidad de agua debido a que sus partículas entre más finas sean se hidratan más rápido, esto influye en la cantidad de agua que se va a utilizar en la relación agua/cemento.

## **VARIABLES**

### ***Variable Dependiente***

Resistencia la compresión del concreto.

### ***Definición Conceptual:***

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm<sup>2</sup>), megapascuales (MPa) o en libras por pulgadascuadradas (lb/pulg<sup>2</sup> o psi) a una edad de 28 días.

### **Definición operacional**

La resistencia a la compresión de testigos cilíndricos es una prueba que consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de este.

### ***Dimensiones***

#### ***Edad del concreto***

Se ha demostrado que la resistencia a la compresión aumenta con el envejecimiento, hasta por 50 años, si existe humedad.

Los valores a los 28 días se toman como el 100% y los valores de todos los demás envejecimientos se basan en los de 28 días.

### ***Carga Axial***

Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial.

### **Curado**

El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (colado) y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada.

### **Variable Independiente**

Sustitución del 15% de cemento por ceniza de cola de caballo.

### **Definición conceptual**

Consiste en proporcionar y hacer masada de prueba, basadas en un control de la relación agua-cemento y tomando en cuenta los factores que afectan al concreto resultante (cemento y las propiedades del agregado, etc.). Las propiedades del concreto se comprueban prácticamente y pueden hacerse según la normas NTP.

### **Definición operacional**

Sustitución de un porcentaje de cemento por ceniza de cola de caballo en un 15% en comparación a un diseño convencional de un concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### ***Dimensiones***

### ***Relación agua/cemento (A/C)***

La relación A/C de la mezcla influirá mucho sobre la resistencia del hormigón endurecido con un envejecimiento dado.

Una mezcla dada puede tener una resistencia relativamente buena o mala, dependiendo de la cantidad de agua que se agregue. Una mayor relación A/C dará una menor resistencia, esto quiere decir que a mayor cantidad de agua, menos resistencia.

## **Dosificación**

Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas con la sustitución del 15% del cemento por ceniza de cola de caballo.

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis, mediante un proceso de calcinado a cielo abierto se obtuvo un carbón de la cola de caballo, el mismo que al ser calcinado en mufla se activaron los componentes puzolanicos del silicio; los mismos que, al activarse permitió obtener un material capaz de sustituir al cemento 15% para alcanzar una resistencia a la compresión, del orden de un concreto convencional  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**El objetivo general que se planteó para la investigación fue:** Determinar resistencia a la compresión de un concreto mediante la sustitución del 15% del cemento por ceniza de cola de caballo en comparación a un concreto patrón.

Los objetivos específicos a determinar en la investigación son los siguientes:

Determinar la temperatura de calcinación de la cola de caballo a través del análisis térmico diferencial (DTA).

Obtener el valor de la alcalinidad de la ceniza de la cola de caballo, cemento y la mezcla de la ceniza de cola de caballo con cemento.

Obtener la composición química de la ceniza de cola de caballo por fluorescencia de rayos x (FRX).

Definir el diseño de mezcla del concreto patrón y experimental.

Comparar las resistencias a la compresión del diseño patrón y experimental a la edad de 7, 14 y 28 días.

## METODOLOGIA

El tipo de investigación es Aplicada, porque servirá como una técnica nueva para el diseño de un concreto sustituyendo parcialmente al cemento por ceniza de cola de caballo ayudando a solucionar las carencias económicas y generando obras alternativas de diseñar viviendas con mayor durabilidad y resistencia.

Se logrará consolidar los problemas a través de esta propuesta en su proceso de Diseño.

El diseño de la investigación será Experimental porque se va a comparar 2 grupos de estudio; realizando el control y manipulación de la variable independiente que es el diseño de concreto, para ello estudiaremos un nuevo método de diseño de concreto sustituyendo parcialmente al cemento por ceniza de cola de caballo para mejorar la resistencia a la compresión.

El estudio en su mayor parte se concentrará en el laboratorio de Ingeniería Civil de nuestra Universidad San Pedro, donde como investigador estaré en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en los objetivos formulados.

**El enfoque de la investigación es Cuantitativo**, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores, se basa en la aplicación de los métodos estadísticos. El proceso de medición es fundamental para la investigación cuantitativa, ya que proporciona la conexión fundamental entre la observación empírica y la expresión matemática de las relaciones cuantitativas. Los datos cuantitativos son cualquier dato que sea de forma numérica, tales como estadísticas, porcentajes, etc.

TABLA N° 17

Diseño completo al azar

		"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO $f'c=210$ KG/CM <sup>2</sup> , SUSTITUIDO 15% EL CEMENTO POR CENIZA DE COLA DE CABALLO"					
DIAS DE CURADO	0%			15%			
	7 DIAS						
14 DIAS							
28 DIAS							

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de estudiar el comportamiento del concreto en su resistencia, el porcentaje a utilizar de ceniza de cola de caballo, será sustituyendo parcialmente al cemento en 15% de su peso total, puesto que se utilizará la misma dimensión que este.

Lo cual conlleva hacer 2 tipos de diseño de concreto, uno con el diseño de concreto sustituyendo porcentaje de ceniza de cola de caballo en 15%, y otro que servirá como parámetro de comparación, la cual se va manejar sin ningún tipo de sustitución.

Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ . La cual queda limitada por las variables a tratar: Variable Independiente (Componentes de Diseño de Mezcla de Concreto) y Variable Dependiente (Resistencia la compresión del Concreto), utilizaremos la norma ASTM C39 "método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

La muestra está conformada por el conjunto pequeño de diseños de probetas de concreto derivado de la población (probetas cilíndricas de concreto), necesarios para que podamos

experimentar en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la universidad san pedro; para así poder fundamentar nuestra hipótesis.

La muestra estará conformada por 18 probetas cilíndricas de concreto teniendo en cuenta un diseño patrón de  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ . De las cuales 9 probetas serán para un diseño de mezcla patrón (diseño convencional) y 9 probetas para el diseño experimental con la sustitución del 15% de cemento por ceniza de cola de caballo (diseño experimental).

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 18

*Técnicas de Recolección de Información*

<b>Técnicas de recolección de información</b>		
<b>de información</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Ambito de la investigación</b>
Observación científica	Guía de observación (fichas técnicas de pruebas de laboratorio)	Grupo control y grupo experimental

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicará como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento.

Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque mediante este instrumento podremos reconocer, apreciar y comparar las principales características del diseño de mezcla de un concreto convencional con un diseño de mezcla de concreto experimental, en donde la variable independiente sufre modificaciones.

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

Para realizar el análisis de los datos se tendrá en cuenta lo siguiente:

La recolección de la materia prima fue extraída de una zona que está ubicada en el distrito de Santa por la huaca Choloque a 10 minutos en vehículo desde plaza de armas de Santa hasta la Huaca en dirección Norte.

La cola de caballo fue sometida a un lavado con la finalidad de eliminar todas las impurezas orgánicas que pueda contener, una vez lavado se procedió a partir la muestra en pequeños extractos para dejarla remojado por 24 horas cambiando de agua cada 4 horas con la finalidad de eliminar el potasio, acabo ese proceso se tendió la muestra para que se produzca el secado natural.

Para determinar la temperatura de calcinación, se usó el polvo de la cola de caballo, primero se realizó el secado de la cola de caballo a temperatura ambiente y a cielo abierto, tomando una muestra se procedió a la trituration en un mortero para obtener una muestra de 5 gr que pase por la malla N° 200. El análisis térmico diferencial servirá para poder obtener la temperatura de calcinación de nuestro material para poder ser activado térmicamente.

Una vez que se obtuvo la ceniza de cola de caballo activada térmica y mecánicamente, se determinó el grado de alcalinidad (pH) del cemento, de la ceniza de cola de caballo y su combinación para sustitución al 15%, el ensayo se realizó en el laboratorio de Corrosión y Degradación de la Universidad Nacional de Trujillo.

Para determinar la composición química de la cola de caballo, se procedió al prequemado a cielo abierto con la finalidad de eliminar el carbono y obtener las cenizas de la cola de caballo que serán activadas térmicamente en la mufla del laboratorio de mecánica de suelos a temperatura de 400°C con un tiempo de 2 horas, se tamizo por la malla N° 200 y se tomó una muestra de 10 gr para poder realizar el análisis de composición química en la facultad de Ciencias Físicas en el laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El análisis de Fluorescencia de Rayos X determinará el porcentaje de óxidos para poder evaluar como influenciarán en la resistencia del concreto.

Para determinar el diseño de mezcla se tuvo que realizar los siguientes ensayos para los agregados como la granulometría de los agregados finos y gruesos (arena y piedra) según la norma ASTM C 136; NPT 400.012.

Se realizó la Absorción y contenido de humedad de los agregados fino y grueso según Norma ASTM C-556 / NTP 339.185.

Se realizó el Peso específico y absorción según Norma ASTM C-128 / NTP 400.022 y la densidad aparente.

Posteriormente se hizo el cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de los Especímenes de concreto.

Teniendo la dosificación de los materiales utilizados se buscó la relación A/C del concreto experimental a partir del ensayo de asentamiento.

Determinamos la cantidad de cola de caballo que se necesitara para ello utilizamos la regla de tres simple, en un 1kg de cola de caballo se obtiene 240.9gr de ceniza activa pasada por la malla nº 200, para el diseño de mezcla experimental se necesita 1.89 kg de ceniza activada de cola de caballo, por seguridad agregamos el 30% dando como resultado 2.46 kg, de esta forma determinamos que se necesita 10.21 kg de cola de caballo en su estado natural.

Tabla N° 19  
Cálculo de la cantidad de ceniza de cola de caballo

Cola de caballo	Pre calcinado de cola de caballo	Calcinación de ceniza	Pasando por malla # 200
1000.00 gr	315.10 gr	295.30 gr	280.60gr

Fuente: Elaboración propia.

El ensayo de compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a edades de 7, 14 y 28 días se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, posteriormente se utilizaron los datos para poder representarlos en tablas, gráficos, porcentajes, promedios.

## RESULTADOS

### Del Análisis térmico diferencial

Se puede observar que en el análisis térmico diferencial nos muestra una curva calorimétrica (ver anexo n°13) donde la cola de caballo pasa por dos etapas.

Según la curva se percibe una primera importante pérdida de masa entre 80 °C y 120 °C, en el rango de 250° y 320°C se aprecia otra importante pérdida de masa, la pérdida total de masa es 65%.

Se evidencia un pico de absorción a aproximadamente 400 °C indicando un cambio en las características del material.

### Resultados de cantidad de la ceniza antes y después de la calcinación.

Los pesos utilizados antes y después de la calcinación por el intervalo de tiempo de 2 horas a una temperatura de 400°C fueron los siguientes.

Tabla N° 20  
Cantidad de materia antes y después de la calcinación.

Cola de caballo	Pre calcinado de cola de caballo	Temperatura C°	Calcinación de ceniza	Pasando por malla # 200	Pérdida de masa total (%)	Sobrante de la calcinación (%)
1000.00 gr	315.10 gr	400	295.30 gr	280.60gr	70.47	29.53

**Fuente:** elaboración propia.

Una vez realizado el análisis térmico diferencial a la muestra de cola de caballo determinamos la temperatura a la que se debe calcinar.

La ceniza necesaria para el diseño experimental es de 232.78 gr x 9 = 2095.02 gr para 9 probetas, incluimos un adicional de 30% en caso nos falte material siento un total de 2723.53 gr de ceniza ya activada necesaria para el diseño, para esta cantidad de ceniza de cola de caballo se necesita un total 9706.09 gr de cola de caballo en estado seco.

### **Potencial hidrógeno**

Tabla N°21

Ph del cemento tipo I, ceniza de cola de caballo y la combinación de ambos con 15% de sustitución.

Muestra	pH
Cemento tipo I	12.57
Ceniza de cola de caballo	10.41
85% cemento + 15% ceniza de cola de caballo	12.45

Fuente: elaboración propia

Determinamos que con los análisis de potencial hidrogeno que al sustituir al cemento 15% por ceniza de cola de caballo es un material alcalino con un Ph de 10,41

### **Composición química de la ceniza cola de caballo y la mezcla de cemento tipo I sustituido parcialmente en 15% el ensayo fue realizado por (espectrometría de fluorescencia de rayos x)**

El análisis se realizó por espectrometría de rayos x a la mezcla del cemento tipo I sustituido parcialmente en 15% por ceniza de cola de caballo registran que el componente químico más abundante es el Óxido de Calcio (CaO) en un 46.074 % y oxido de silicio en un 37.502 %, los cuales son los componente principales del cemento para aumentar la resistencia del concreto, dichos resultados podemos apreciarlo en la Tabla N° 22 y en la Figura N° 2

En cuanto al análisis realizado por espectrometría de rayos x a la ceniza de cola de caballo registran que el componente químico más abundante es el Óxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) en un 81.797% y oxido de calcio (CaO) en un 12.473%% el cuales son los componente

principales del cemento para aumentar la resistencia del concreto, dichos resultados podemos apreciarlo en la Tabla N° 23 y en la Figura N° 3

Tabla N°22

Composición química de ceniza de ceniza con 15% de sustitución.

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADO (%)
(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	9.700
(SiO <sub>2</sub> )	37.502
(ClO <sub>2</sub> )	0.016
(SO <sub>2</sub> )	3.111
(K <sub>2</sub> O)	0.999
(Cao)	46.074
(TiO <sub>2</sub> )	0.110
(Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.002
(MnO)	0.025
(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.059
(Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.001
(CuO)	0.012
(ZnO)	0.036
(As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.005
(Sro)	0.064
(Y <sub>2</sub> o <sub>3</sub> )	0.003
Z(ZrO <sub>2</sub> )	0.001
totales	100.00

Fuente: universidad mayor de San marcos

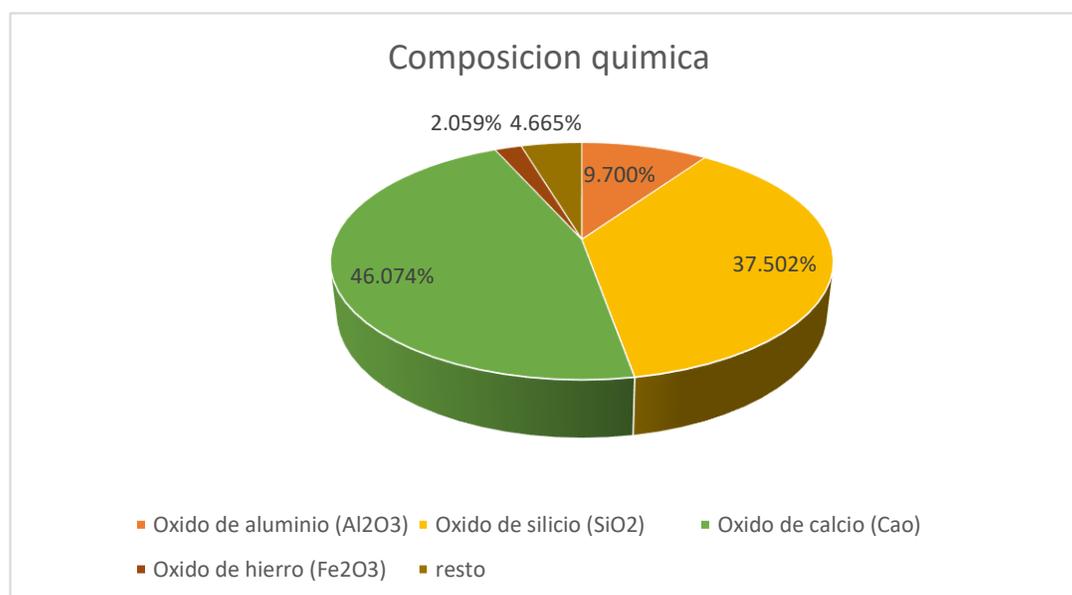


Figura N° 2: Composición química de ceniza de ceniza con 15% de sustitución

Tabla N°23

Composición química de ceniza de ceniza de cola de caballo.

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADO (%)
(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.420%
(SiO <sub>2</sub> )	81.797%
(SO <sub>2</sub> )	1.700%
(ClO <sub>2</sub> )	0.329%
(K <sub>2</sub> O)	1.022%
(CaO)	12.473%
(TiO <sub>2</sub> )	0.014%
(Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.001%
(MnO)	0.011%
(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.160%
(Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.001%
(ZnO)	0.031%
(As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.003%
(Sro)	0.035%
(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.003%
(ZrO <sub>2</sub> )	0.001%
totales	100.00

Fuente: universidad mayor de San marcos

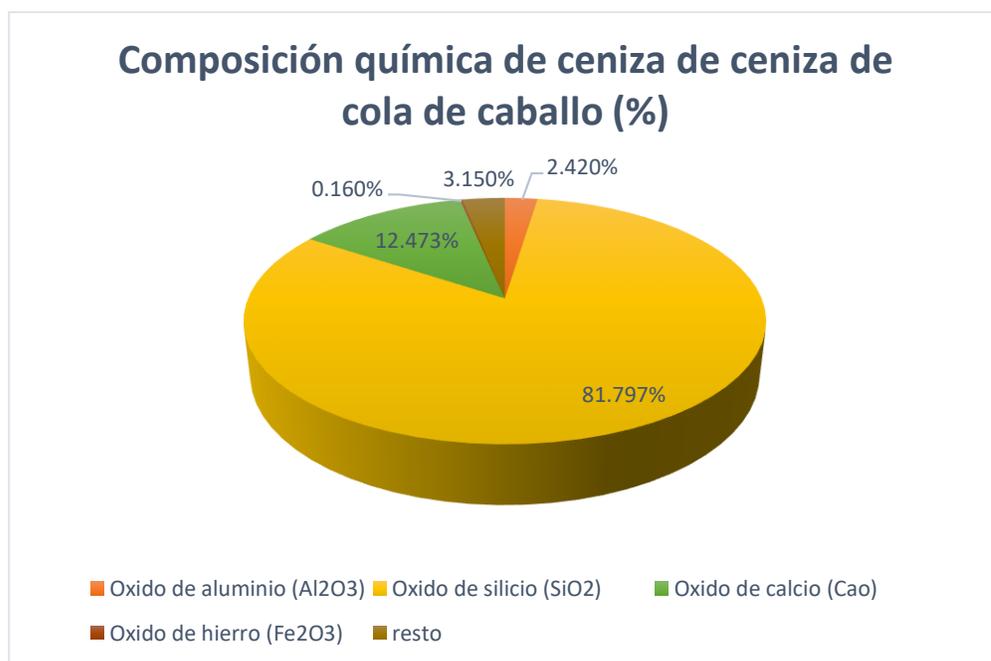


Figura N° 3: Composición química de ceniza de ceniza de cola de caballo

### Resultados del diseño de mezcla.

Se realizó el diseño de mezcla del concreto convencional (patrón) con una resistencia deseada de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , a la edad de 7, 14 y 28 días de curado. El cual se muestra a continuación.

Tabla N°24  
Propiedades Físicas de los agregados para el concreto.

Materiales y ensayo	resultados
tipo de cemento	1
P. Especifico del cemento	3.12
P. Especifico de 85% cemento +15% ceniza de cola de caballo.	3.10
Agua	potable de la zona
P. Especifico de la masa de agregado fino	2.71
Peso Unitario Seco Suelto de agregado fino	1560kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Compactado de agregado fino	1756kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad de agregado fino	0.42%
Absorción de agregado fino	0.79%
Módulo de fineza de agregado fino	2.41
P. Especifico de la masa de agregado grueso	2.79
Peso Unitario Seco Suelto de agregado grueso	1399kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Compactado de agregado grueso	1548kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad de agregado grueso	0.55%
Absorción de agregado grueso	1.28%
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	1''

Fuente: Ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la USP

Tabla N°25  
Cantidad de material para el diseño patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Proporciones de agregado	cantidad
Cemento tipo I	282.164 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	204.024 lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	852.586 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1089.206 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Proporciones del diseño de mezcla en el laboratorio de mecánica de suelos de la USP

Tabla N°26

Cantidad de material para el diseño experimental  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Proporciones de agregado	cantidad
Cemento tipo I	239.84 kg/m <sup>3</sup>
15% de ceniza de cola de caballo	42.324 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	208.71 lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	852.59 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1089.21 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Diseño de mezcla en el laboratorio de mecánica de suelos de la USP

### Resultados de los ensayos a la compresión.

Tabla 27

Resultado de ensayo a compresión axial del concreto endurecido diseño patrón

N° de muestra	N° Dias (edades)	Diam. ( $\phi$ )	Carga	F'c Kg/Cm2	F'c promedio	(%)	% Prom.
M1		15.25	31980	175.08		83.37	
M2	7	15.15	32100	178.07	174.18	84.79	82.94
M3		15.25	30940	169.39		80.66	
M4		15.25	36260	198.52		94.53	
M5	14	15.20	35840	197.51	196.57	94.05	93.61
M6		15.30	35610	193.69		92.23	
M7		15.15	40730	225.94		107.59	
M8	28	15.15	39930	221.50	226.52	105.48	107.87
M9		15.20	42120	232.12		110.53	

Fuente: Laboratorio mecánica de suelos USP



Figura N° 4: Resistencias patrón a la edad de 7 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión patrón, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio 174.18 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 82.94%. Asimismo, podemos observar que las muestras se encuentran dentro de los parámetros del concreto que indica para los 7 días debe estar en los 70% y 85%. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

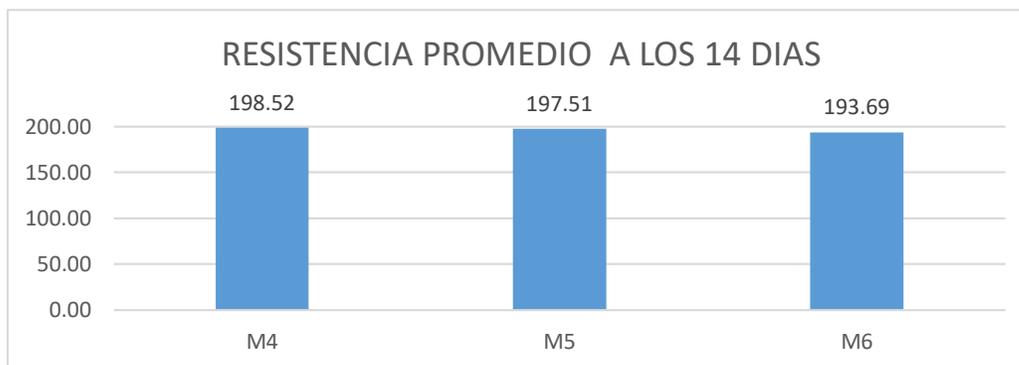


Figura N° 5: Resistencias patrón a la edad de 14 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión patrón, se registra que a los 14 días se alcanzó una resistencia promedio 196.57kg/cm<sup>2</sup> siendo el 93.61%. Asimismo, podemos observar que las muestras se encuentran dentro de los parámetros del concreto que indica para los 14 días debe estar en los 85% y 95%. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

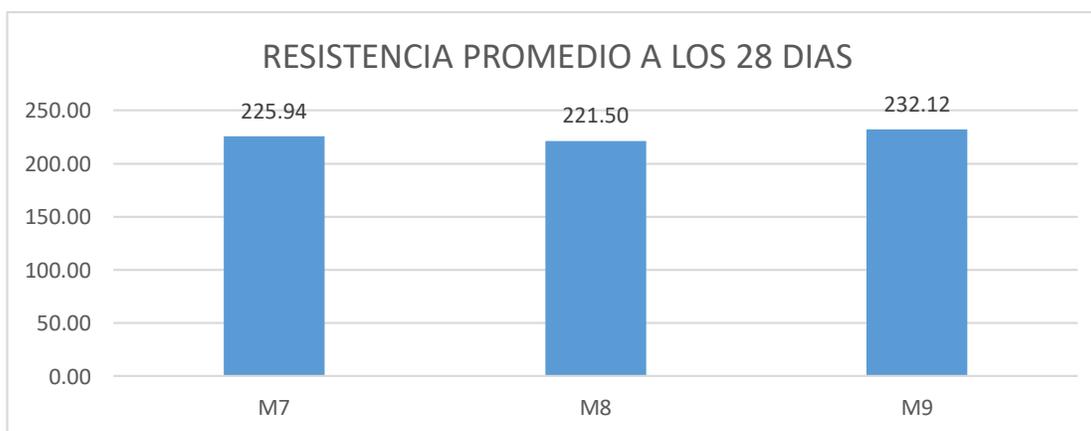


Figura N°6: Resistencias patrón a la edad de 28 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión patrón, se registra que a los 28 días se alcanzó una resistencia promedio 226.52 kg/cm<sup>2</sup> siendo 107.87%. Asimismo, podemos observar que las muestras se encuentran dentro de los parámetros del concreto que indica para los 28 días debe estar en los 100% y 120%. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

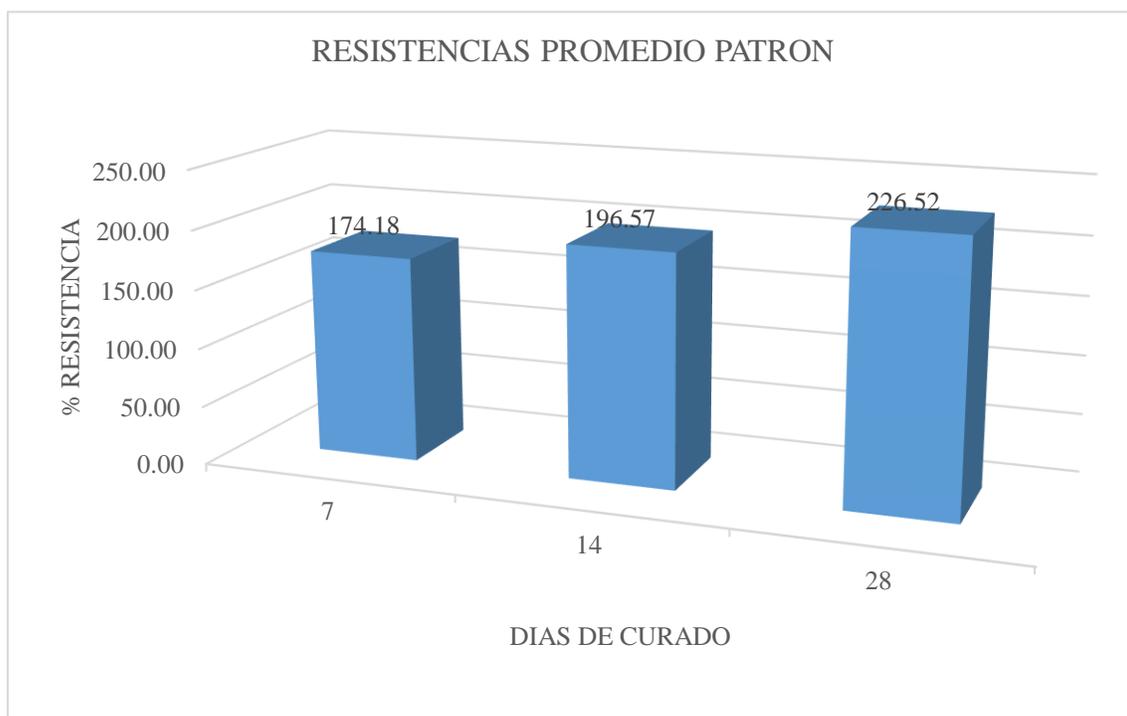


Figura N° 7: Resistencias patrón promedio a edad de 7 14 y 28días.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión patrón, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio 174.18 kg/cm<sup>2</sup> que es el 82.94%. Asimismo, podemos ver que los resultados registrados a los 14 y 28 días incremento a 196.57 kg/cm<sup>2</sup> que es el 93.61% y 226.52 kg/cm<sup>2</sup> que es el 107.87% respectivamente, estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

Tabla 28

Resultado de ensayo a compresión del concreto endurecido del diseño experimental

N° de muestra	N° Dias (edades)	Diam. (ø)	Carga	F <sub>c</sub> Kg/Cm2	F <sub>c</sub>		% Prom.
					promd Kg/Cm2	%	
M1		15.20	34460	189.91		90.43	
M2	7	15.25	33920	185.71	190.62	88.43	90.77
M3		15.20	35610	196.24		93.45	
M4		15.20	39490	217.63		103.63	
M5	14	15.20	38920	214.48	218.53	102.14	104.06
M6		15.25	40820	223.48		106.42	
M7		15.20	43820	241.49		114.99	
M8	28	15.25	45510	249.16	245.02	118.65	116.68
M9		15.20	44350	244.41		116.38	

Fuente: Laboratorio mecánica de suelos USP

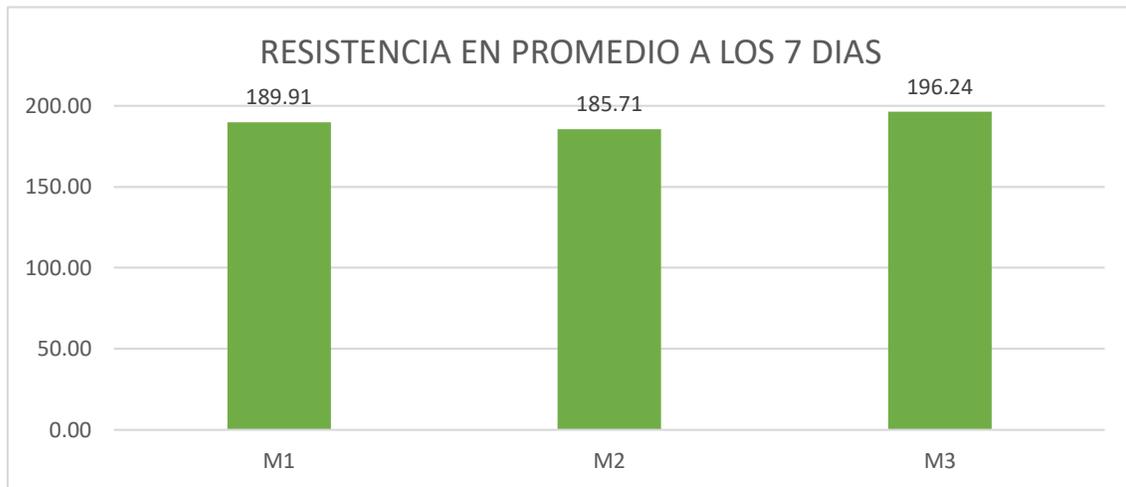


Figura N° 8: Representación de las resistencias experimental de 7 días en porcentaje

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio de 190.62 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 90.77%. Asimismo, podemos observar que las muestras no bajan de la resistencia patrón que es 82.94%, aumentando en 7.83% la resistencia experimental. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

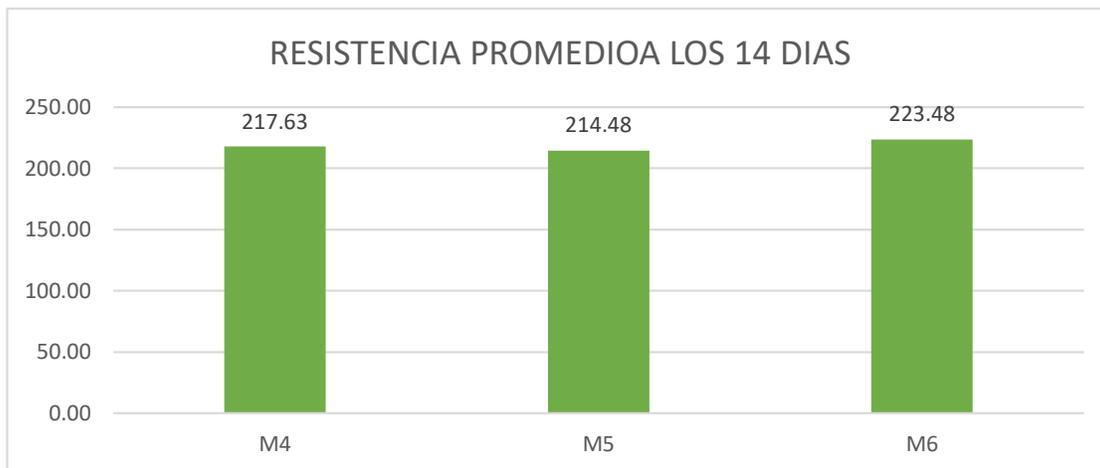


Figura N° 9: Representación de las resistencias experimental de 14 días en porcentaje

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental, se registra que a los 14 días se alcanzó una resistencia promedio 218.53 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 104.06%. Asimismo, podemos observar que las muestras no bajan de la resistencia patrón que es 93.61%, aumentando en 10.45% la resistencia experimental. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

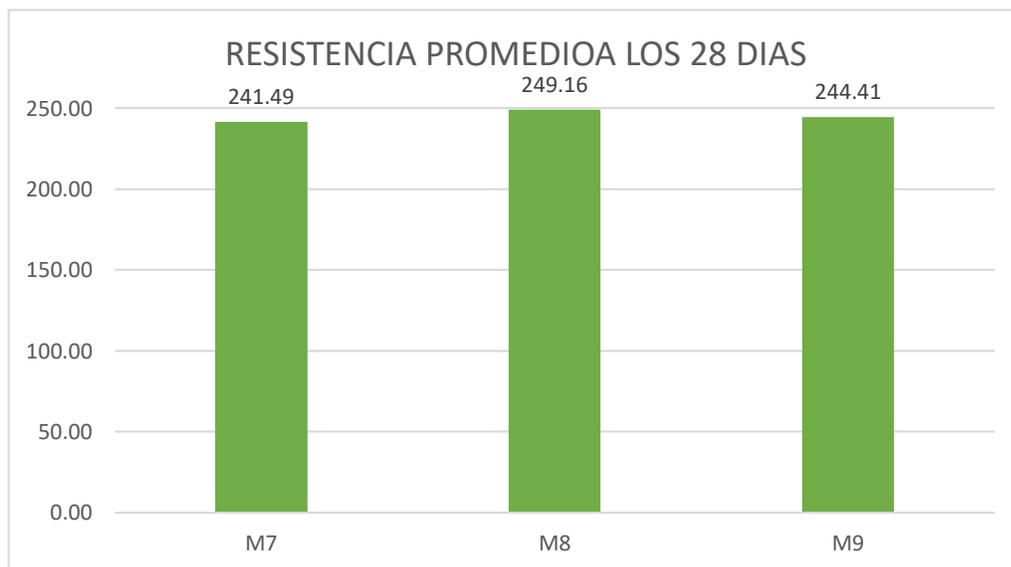


Figura N° 10: Representación de las resistencias experimental de 28 días en porcentaje

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental, se registra que a los 28 días se alcanzó una resistencia promedio 245.02 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 116.68%.

Asimismo, podemos observar que las muestras no bajan de la resistencia patrón que es 107.87%, aumentando en 8.81% la resistencia experimental. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

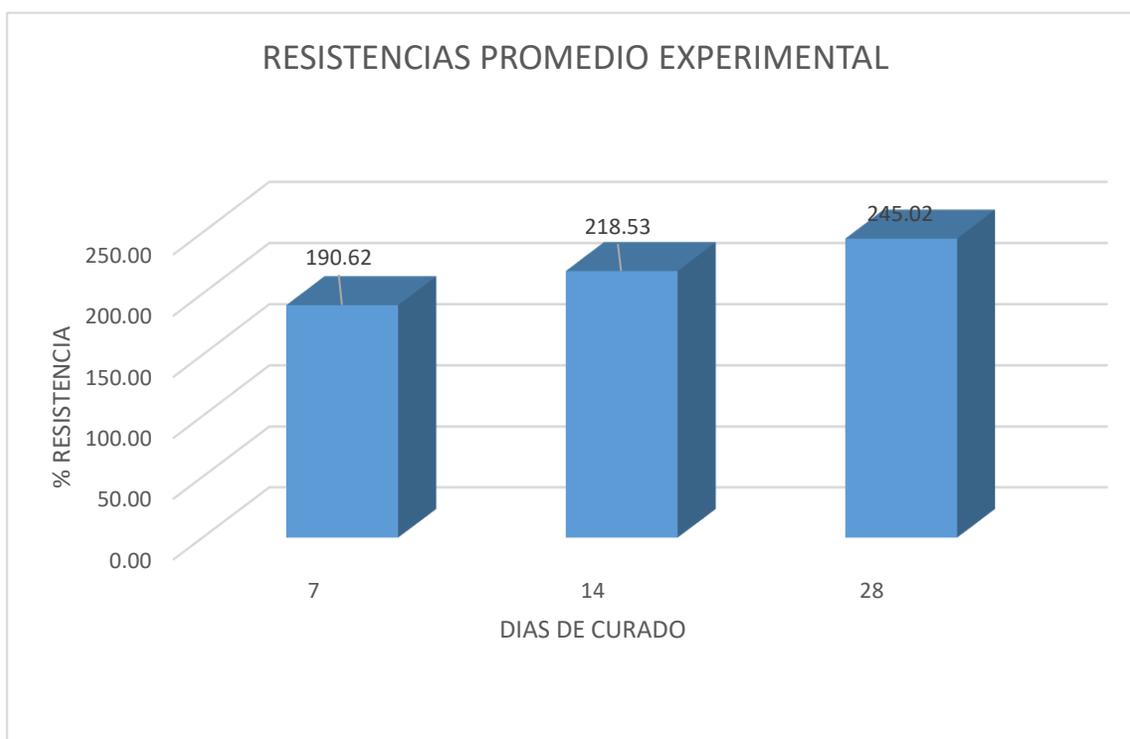


Figura N° 11: Resistencias experimental promedio a edad de 7, 14 y 28 días.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio 190.62 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, podemos ver que los resultados registrados a los 14 y 28 días fue 218.53 kg/cm<sup>2</sup> y 245.02kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Aumentando 7.83% a los 7 días, 10.45% a los 14 días y 8.81% a los 28 días. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

Tabla 29

Resultado de ensayo a compresión del concreto patrón y experimental

PATRON		F <sub>c</sub> =		EXPERIMENTAL	
DIAS	Kg/Cm2	F <sub>c</sub> =Kg/Cm2	PATRON %	EXPERIMENTAL%	variación%
7	174.18	190.62	82.94	90.77	7.83
14	196.57	218.53	93.61	104.06	10.45
28	226.52	245.02	107.87	116.68	8.81

Fuente: Elaboración propia.

Se registra que a los 7 días del diseño patrón, alcanzó una resistencia promedio 82.94%. Asimismo, podemos ver que los resultados a los 7 días del diseño experimental aumento el 7.83%. Lo mismo ocurrió para los 14 y 28 días, el concreto experimental aumento en 10.45% a los 14 días y 8.81% a los 28 días.

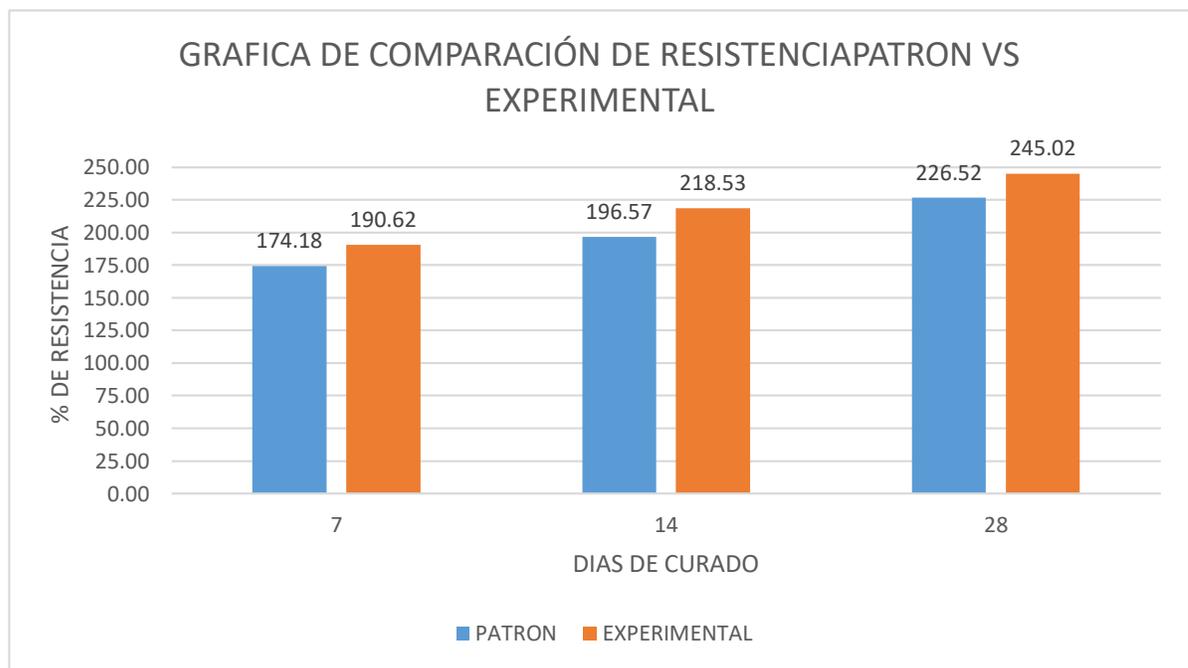


Figura N° 12: Representación de las resistencias promedios en porcentaje de patrón versus experimental.

Estos resultados nos llevan a comprender que las resistencias obtenidas del experimental con la sustitución de las cenizas de cola de caballo ayuda a aumentar la resistencia del concreto en 8.81%. Además de eso las resistencias si cumplen con los parámetros que indican las normas a la edad de 7, 14 y 28 días de curado.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En cuanto al análisis térmico diferencial realizado, se percibe que en el rango de 80°C y 120 °C hay una pérdida de un porcentaje de agua, en el tramo 250-320 se produce un cambio de fase donde se pasa de elemento a óxidos, con el paso de tiempo la temperatura va aumentado hasta llegar a un momento donde se producen los óxidos principales que contiene el cemento tipo I tal es el caso del óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) y el óxido de calcio (CaO), analizando los resultados de la curva calorimétrica, observamos una gran posibilidad de existir algún cambio estructural del material debido a un ligero pico endotérmico ubicado a 400°C, siendo el punto donde se produce la activación de los óxidos del material, la temperatura para calcinar la cola de caballo es de 400°C por un tiempo de dos horas.

Con respecto al pH, la ceniza de cola de caballo tubo un valor de 10.41, el cemento tipo I tuvo el valor de 12.57 y la mezcla de ceniza cola de caballo y cemento tipo I sustituido en 15% alcanza un valor de 12.45, este es el valor que se obtiene en el concreto al estar en un ambiente alcalino de esta forma este valor de pH protege al acero de refuerzo, se logra por la formación de una capa de óxido sobre la superficie del acero que permanece estable en un ambiente alcalino, cuando esa capa deja de ser estable el pH baja y ocasiona que llegue a un valor por debajo de 9, en ese momento empieza la corrosión resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de fluorescencia de rayos X, el primero se realizó a la mezcla de cemento tipo I sustituido en 15% por ceniza de cola de caballo, realizando una comparación con los componentes químicos del cemento tipo I podemos decir que los resultados son muy similares, en donde encontramos al Óxido de calcio (CaO) 46.074% lo encontramos en el rango por debajo de lo que se necesita para un cemento tipo I que está en la tabla N° 29 que debe estar entre 61% - 67% lo cual no influirá positivamente en el concreto al momento de brindar el calor de la hidratación y a obtener resistencias tempranas, en cuanto al oxido de sílice (SiO<sub>2</sub>) tenemos un 37.502% que está por encima del rango establecido de 20% - 27% que contiene el

cemento tipo I esto ocasionara que haya una mejora considerable en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido y en la ganancia a largo plazo de los niveles de resistencia mecánica a la compresión, en cuanto a los álcalis encontramos al oxido de potasio ( $K_2O$ ) que contiene un 0.999% en comparación al cemento tipo I que debe tener 0.25 % - 1.5 % esto ocasionara que no haya expansión y agrietamientos irregulares en el concreto y a que el nuevo cemento no absorba gran cantidad de agua. El segundo fue realizado a la ceniza de cola de caballo, en donde encontramos al Óxido de calcio ( $CaO$ ) 12.473% lo cual no influirá positivamente en el concreto al momento de brindar el calor de la hidratación y a obtener resistencias tempranas, en cuanto al oxido de sílice ( $SiO_2$ ) tenemos un 81.797% ocasionara que haya una mejora considerable en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido y en la ganancia a largo plazo de los niveles de resistencia mecánica a la compresión, en cuanto a los álcalis encontramos al oxido de potasio ( $K_2O$ ) que contiene un 1.022% en comparación al cemento tipo I que debe tener 0.25 % - 1.5 %. Tanto al primer y al segundo ensayo, se le realizaron un lavado y remojo por un periodo de 24 horas cambiando el agua cada 4 horas con la finalidad de reducir el porcentaje de potasio que contiene la cola de caballo.

Tabla N° 30  
Porcentajes de materias primas principales del cemento tipo I

Compuestos	Porcentajes
<b>CaO</b>	61 % - 67 %
<b>SiO<sub>2</sub></b>	20 % - 27 %
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4 % - 7 %
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2 % - 4 %
<b>SO<sub>3</sub></b>	1 % - 3 %
<b>MgO</b>	1 % - 5 %
<b>K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O</b>	0.25 % - 1.5 %

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Jiménez.

En cuanto al diseño de mezcla, para el patrón se obtuvo un asentamiento plástico de 4", cumpliendo con nuestro diseño planteado inicialmente que se encuentra en el

intervalo de (3" a 4") con una relación agua - cemento de 0.684 y con un peso específico del cemento de 3.12 gr/cm<sup>3</sup> y para el diseño experimental se obtuvo un asentamiento de 3.50" con una relación agua-cemento de 0.739, con un peso específico del nuevo cemento de 3.10 gr/cm<sup>3</sup> y 0.999% de óxido de potasio, nos indica que la ceniza de cola de caballo utilizado en la sustitución no absorbe gran cantidad de agua debido al bajo contenido de óxido de potasio que contiene, de esta forma se está cumpliendo con nuestro diseño planteado inicialmente ya que cumple con lo estipulado en la norma.

Con respecto a los ensayos a la compresión en el concreto patrón con  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, a la edad de 7 días se obtiene una resistencia promedio de 82.94 % equivalente a 174.18 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días se obtiene una resistencia promedio de 93.61 % equivalente a 196.57 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días se obtiene una resistencia promedio de 107.87 % equivalente a 226.52 kg/cm<sup>2</sup>. En comparación a los ensayos a la compresión en el concreto experimental sustituido el 15% de cemento por de ceniza de cola de caballo, a la edad de 7 días se obtiene una resistencia promedio de 90.77% equivalente a 190.62 kg/cm<sup>2</sup>, a la edad de 14 días se obtiene una resistencia promedio de 104.06 % equivalente a 218.53 kg/cm<sup>2</sup> y a la edad de 28 días se obtiene una resistencia promedio de 116.68 % equivalente a 245.02 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados obtenidos nos da la posibilidad de emplear la ceniza de cola de caballo en la elaboración de elementos estructurales para mejorar la resistencia a la compresión, es decir la sustitución del 15% del cemento tipo I por ceniza de cola de caballo trabajo mucho mejor que la del concreto patrón a la edad de curado de 28 días, en el diseño del concreto patrón a la edad de 28 días se obtuvo 107.87% de resistencia promedio en comparación al diseño experimental que logro alcanzar 116.68% de su resistencia promedio, aumentando la resistencia experimental en 8.81%, esto se debe a la sustitución de cemento que se realizó, a través del cual se tendría mejores propiedades gracias al alto contenido de óxido de sílice y oxido de calcio procedente de la calcinación de la cola de caballo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Se concluye que la cola de caballo cambia de estado a los 400 °C en un tiempo de dos horas, a partir de ese momento se originan los óxidos que serán favorables para aumentar la resistencia a la compresión del diseño del concreto.

Se concluye que el pH del concreto debe ser superior a 7, el pH obtenido de la mezcla de cemento tipo I con sustitución del 15% por ceniza de cola de caballo tiene un valor de 12.45 siendo un material alcalino, este valor de pH protege al acero de refuerzo.

Los ensayos de fluorescencia de Rayos X se realizaron a las muestras que fueron sometidas a un proceso de lavado y remojo durante 24 horas cambiando el agua cada 4 horas, el primero fue realizado a la mezcla del cemento tipo I y a la ceniza de cola de caballo sustituido en 15%, registran los componentes químicos de Oxido de Calcio (Ca) 46.074%, Oxido de silicio(S) 37.502% componentes principales del cemento y oxido de potasio (K<sub>2</sub>O) 0.999% , el segundo se realizó a la ceniza de cola caballo dándonos como resultado al Oxido de Calcio (Ca) 12.473%, Oxido de silicio(S) 81.797% y oxido de potasio (K<sub>2</sub>O) 1.022%.

Según el diseño de mezcla la relación agua cemento utilizada para el diseño patrón fue de 0.684 con un peso específico del cemento de 3.12 gr/cm<sup>3</sup> con un asentamiento de 4", al 15% de sustitución aumenta la relación a un 0.739 con un peso específico del cemento de 3.10 gr/cm<sup>3</sup> y con un asentamiento de 3.5".

Por ultimo las resistencias obtenidas en los ensayos a la compresión arrojaron los siguientes resultados, para el diseño patrón a la edad de 7 días se obtuvo una resistencia promedio de 174.18 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días 196.57 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días 226.52 kg/cm<sup>2</sup>, el diseño experimental con 15% de ceniza de cola de caballo a la edad de 7 días se obtiene una resistencia promedio de 190.62 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días 218.53 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días 245.02 kg/cm<sup>2</sup>, los resultados indican el aumento de la resistencia experimental en 8.82% en comparación al diseño patrón a la edad de 28 días.

## **RECOMENDACIONES**

Se debe seguir estudiando la ceniza de cola de caballo a mayores temperaturas de calcinación y a tamaños de grano más finos a los reportados en este trabajo, mientras más fino sea el material dará mejores resultados.

En las posteriores investigaciones que se realicen con menor o mayor porcentaje de sustitución, se deberá determinar los parámetros de pH del material y de la mezcla de cemento sustituida con ceniza de cola de caballo y realizar una comparación con los resultados obtenidos en esta investigación.

Se recomienda seguir incrementando los porcentajes de sustitución de cenizas de cola de caballo y realizar un nuevo análisis de fluorescencia de Rayos X para comprobar la composición química de la investigación.

Para el diseño de mezcla experimental se recomienda utilizar un slump de 4" para ello se deberá utilizar una mayor cantidad de agua en el diseño debido a que la ceniza absorbe mayor cantidad de agua y de esa forma el concreto sea más trabajable.

Realizar ensayos a la compresión con un mayor tiempo de curado a edad de 45 y 60 días y comprobar si se gana resistencia a largo plazo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, Por protegerme, darme la vida día a día e iluminarme por el camino del bien, por darme razones y motivos para seguir adelante y sobresalir de todo obstáculo para alcanzar mis metas. A mis padres, Por su gran cariño, apoyo incondicional, y darnos una experiencia de vida única y mejor.

A mis amigos, Por su respeto, confianza, sus consejos y cariño, por su ayuda y apoyo en cada proceso de mi formación y por la buena convivencia que tuvimos en todo momento que pasamos juntos. A la Escuela de Ingeniería Civil por ser fuente de conocimiento y de la creación de nuevos ideales para mi desarrollo profesional. A los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil. Por su valiosa guía, por inculcarme sus conocimientos aprendidos e impulsarme a ser mejor profesional

Al Ing. López Carranza, Rubén, por el asesoramiento en el trabajo de investigación, por darme esa motivación de seguir estudiando e investigando, por los conocimientos compartidos que me hacen ser mejor profesional, y principalmente por su apoyo y amistad que me permitió aprender más de lo estudiado en este proyecto.

**JUNIORS VELASQUEZ REAL**

## Referencias Bibliográficas

- Abanto, C.F. (2009). Tecnología del *concreto: teoría y problemas*.
- Amaranto, E. (2017). Resistencia a nivel de subrasante de un suelo arcilloso sustituido al 10% por cenizas del tallo de cola de caballo (*Equisetum Arvense*) en el tramo Yanca-Sihuas (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote, Peru
- Balarezo, A. (2016). Resistencia en mortero con cemento sustituido en 5% por ceniza de ramas de cola de caballo (*Equisetum Arvensis*) (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote, Peru.
- Carneiro, M., Magalhaes, W., Muñiz, G., Nisgoski, S., y Satyanarayana, K. (2015) Preparación y Caracterización de Nano Sílice de *Equisetum arvenses*. *J Bioprocess Biotech* 5:205, doi: 10.4172/2155-9821.1000205
- Castillo, A. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima,Peru: San Marcos.
- Gierlinger N, Sapei L, Paris O. (2007). Miradas En Torno A La Composición Química De *Equisetum Hyemale* De Alta Resolución De Imágenes Raman (Universidad de Potsdam, Departamento de Química).
- IECA. (2013). Componentes y propiedades del cemento. 2015, de IECA Sitio web: [https://www.ieca.es/gloCementos.asp?id\\_rep=179](https://www.ieca.es/gloCementos.asp?id_rep=179)
- J. M. Criado, A. Ortega, J. Rouquerol, F. Rouquerol (1987). *Un nuevo método de Análisis Térmico: El análisis térmico a velocidad de transformación controlada (ATVC)*. España
- Martínez, I (Universidad Nacional del Comahue) 2010 en "Cementos y Morteros"
- NTP. 339.034. Lima: El Peruano.
- NTP. 300.079. Lima: El Peruano.
- NTP. 400.012. Lima: El Peruano.
- NTP. 300.078. Lima: El Peruano.
- NTP 400.017 DENSIDAD APARENTE
- NTP 400.022. PESO ESPECÍFICO PARA AGREGADO FINO

- NTP 400.021 PESO ESPECÍFICO PARA AGREGADO GRUESO
- NTP 339.185 ABSORSIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología de Concreto*. Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
- Rivera, A (2010) Concreto simple.Cauca
- Rivva Lopez (2010). *Tecnología del concreto*. Lima .
- Asociación de agricultura. Sitio web:  
<http://www.biodinamica.es/documentos/ColaCaballoP-508.pdf>

## **APENDICE Y ANEXOS**

**ANEXO N°01**  
**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO**



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

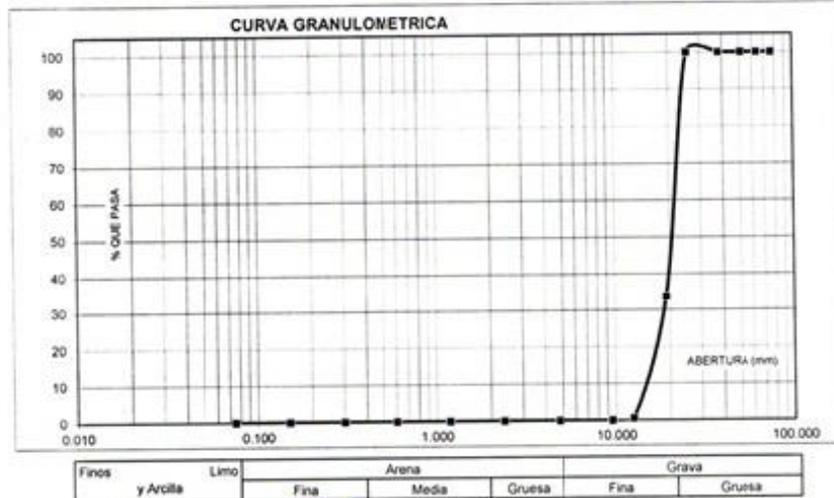
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
 TESS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : SAN PEDRO  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 16/01/2016

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (gr.)
N°					
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	1322.0	66.1	66.1	33.9
3/8"	12.500	666.2	33.3	99.4	0.6
N° 4	4.750	11.8	0.6	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		2000.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	1"
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 CHIMBOTE  
 Dr. Rogelio Castañeda Gamboa  
 DIRECTOR  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°02**  
**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

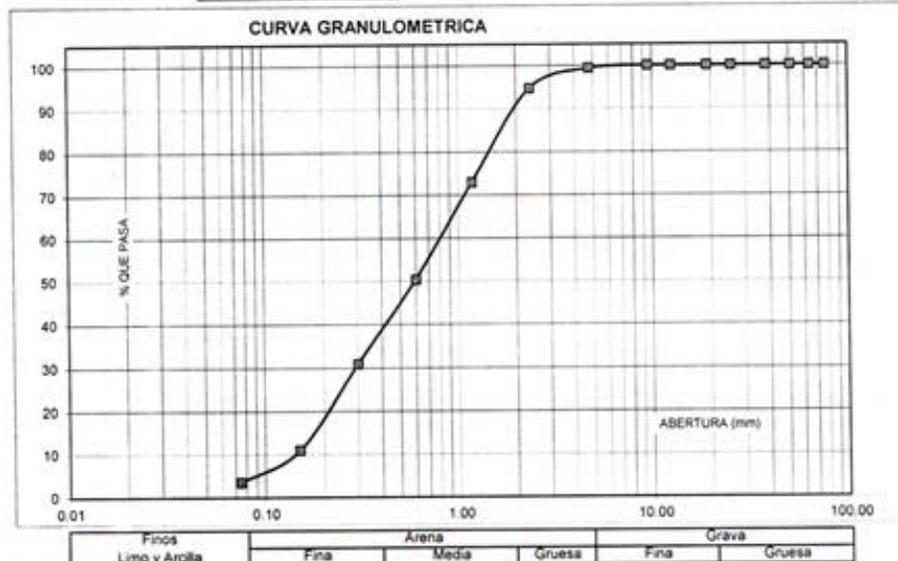
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2. SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 16/01/2018

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N° 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	4.76	3.5	0.6	0.6	99.4
N° 8	2.36	28.2	4.7	5.3	94.7
N° 16	1.18	130.2	21.7	27.0	73.0
N° 30	0.60	135.6	22.6	49.6	50.4
N° 50	0.30	116.8	19.5	69.1	31.0
N° 100	0.15	120.3	20.1	89.1	10.9
N° 200	0.08	44.2	7.4	96.5	3.5
PLATO	ASTM C-117-04	21.2	3.5	100.0	0.0
TOTAL		600.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.41

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 CHIMBOTE  
 VEC  
 Dr. Rogelio Castañeda Gamba  
 DIRECTOR  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°03**  
**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH. VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2. SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR  
GENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 16/01/2018

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7650	7650	7700
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4350	4350	4400
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1560	1560	1578
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1566		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1560		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8200	8250	8200
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4900	4950	4900
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1758	1775	1758
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1764		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1756		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*[Signature]*  
Dr. Rogelio Castañeda Oamba  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°4:**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

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

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'C = 210 KG/CM2. SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR  
CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : SAN PEDRO  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 16/01/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18250	18300	18300
Peso de molde	5128	5128	5128
Peso de muestra	13122	13172	13172
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1403	1408	1408
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1406		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1399		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19650	19700	19700
Peso de molde	5128	5128	5128
Peso de muestra	14522	14572	14572
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1552	1558	1558
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1556		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1548		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Dr. Rogelio Castañeda Gamboa  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°5**  
**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO**



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

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

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

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR  
CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : SAN PEDRO  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 16/01/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	701.30	700.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	449.60	455.50
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	251.70	244.50
D	Peso de material seco en estufa	692.60	691.00
E	Volumen de masa (C-(A-D))	243.00	235.50
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.752	2.826
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.786	2.863
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.850	2.934
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	1.26	1.30

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.789  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.825  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.892  
Absorción (%) : 1.28



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Dr. Rogelio Castañeda Gámboa  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°6**  
**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

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

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

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR  
CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 16/01/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	664.10	664.10
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm <sup>3</sup>	964.10	964.10
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	854.30	854.30
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm <sup>3</sup>	109.80	109.80
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.70	297.60
G	Volumen de masa ( E-(A-F))	107.50	107.40
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.711	2.710
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.732	2.732
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.769	2.771
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.77	0.81

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.711  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.732  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.770  
Absorción (%) : 0.79



**ANEXO N°7**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

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

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**

( ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : SAN PEDRO  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 16/01/2018

PRUEBA Nº	01	02
TARA Nº		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	902.2	868.2
TARA + SUELO SECO (gr)	898.1	864.6
PESO DEL AGUA (gr)	4.1	3.6
PESO DE LA TARA (gr)	201.5	167.5
PESO DEL SUELO SECO (gr)	696.6	697.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.59	0.52
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.55	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Dr. Rogelio Castañeda Gamboa*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°8**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

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

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 16/01/2018

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	502	506
TARA + SUELO SECO (gr)	500.7	504.8
PESO DEL AGUA (gr)	1.3	1.2
PESO DE LA TARA (gr)	202	206
PESO DEL SUELO SECO (gr)	298.7	298.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.44	0.40
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.42	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*[Signature]*  
Dr. Rogelio Castañeda Gamboa  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°9**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION PATRON**



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

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

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR  
CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 18/01/2018

F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm <sup>2</sup>	(%)
01	PATRON	4.00	03/10/2017	10/10/2017	7	175.08	83.37
02	PATRON	4.00	03/10/2017	10/10/2017	7	178.07	84.79
03	PATRON	4.00	03/10/2017	10/10/2017	7	169.39	80.66
04	PATRON	4.00	03/10/2017	17/10/2017	14	198.52	94.53
05	PATRON	4.00	03/10/2017	17/10/2017	14	197.51	94.05
06	PATRON	4.00	03/10/2017	17/10/2017	14	193.69	92.23
07	PATRON	4.00	03/10/2017	31/10/2017	28	225.94	107.59
08	PATRON	4.00	03/10/2017	31/10/2017	28	221.50	105.48
09	PATRON	4.00	03/10/2017	31/10/2017	28	232.12	110.53

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

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Dr. Rogelio Castañeda Gamboa  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°10**

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



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

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

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'C = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR  
CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 16/01/2018

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F'C (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	27/11/2017	7	189.91	90.43
02	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	27/11/2017	7	185.71	88.43
03	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	27/11/2017	7	196.24	93.45
04	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	04/12/2017	14	217.63	103.63
05	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	04/12/2017	14	214.48	102.14
06	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	04/12/2017	14	223.48	106.42
07	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	18/12/2017	28	241.49	114.99
08	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	18/12/2017	28	249.16	118.65
09	EXPERIMENTAL	3.50	20/11/2017	18/12/2017	28	244.41	116.38

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

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Dr. Rogelio Castañeda Gamboa  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°11**

**DISEÑO DE MEZCLA PATRON**



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

## DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR  
CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 16/01/2018

### ESPECIFICACIONES

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

### MATERIALES

#### A.- Cemento :

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

#### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

#### C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1580 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1756 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.42 %
- Absorción 0.70 %
- Módulo de fineza 2.41

#### D.- Agregado grueso

CANTERA : SAN PEDRO

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.79
- Peso unitario suelto 1399 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1548 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 1.28 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Dr. Rogelio Castañeda Gamboa  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



# 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 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup> .

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

### FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 193 / 0.684 = 282.164 kg/m<sup>3</sup> = 6.64 bolsas / m<sup>3</sup>

### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	282.164	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	204.024	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	852.586	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1089.206	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{852.586}{282.16} : \frac{1089.21}{282.16}$$

1 : 3.02 : 3.86 : 30.73 lts / bolsa

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.90 : 4.12 : 30.73 lts / bolsa



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Dr. Rogelio Castañeda Gamba  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°12**

**DISEÑO DE MEZCLA EXPERIMENTAL**



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

### DISEÑO DE MEZCLA

( 15% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH: VELASQUEZ REAL JUNIORS NILTON  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, SUSTITUIDO 15 % EL CEMENTO POR  
CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 16/01/2018

#### ESPECIFICACIONES

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

#### MATERIALES

A.- Cemento + 15% Ceniza de cola de caballo :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1580 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1756 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.42 %
- Absorción 0.79 %
- Módulo de fineza 2.41

D.- Agregado grueso

**CANTERA : SAN PEDRO**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.79
- Peso unitario suelto 1399 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1548 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 1.28 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Dr. Rogelio Castañeda Gamboa  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



# 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 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup> .

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.739

### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.077
15% Ceniza de cola de caballo.....	(m <sup>3</sup> )	0.014
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.193
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.313
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.388
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.015
		<b>1.000 m<sup>3</sup></b>

### PESOS SECOS

Cemento.....	239.84 kg/m <sup>3</sup>
15% Ceniza de cola de caballo.....	42.324 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	193.00 lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	849.03 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1083.22 kg/m <sup>3</sup>

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	239.84 kg/m <sup>3</sup>
15% Ceniza de cola de caballo.....	42.324 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	208.71 lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	852.59 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1089.21 kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{239.84}{239.84} : \frac{42.324}{239.84} : \frac{852.59}{239.84} : \frac{1089.21}{239.84}$$

$$1 : 0.18 : 3.55 : 4.54 \quad 31.44 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Dr. Rogelio Castañeda Gamboa  
DIRECTOR TITULAR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANEXO N°13**

**ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL**



Trujillo, 28 de Abril del 2017

INFORME N° 46 - ABR 17

Solicitante: Velásquez Real Juniors -Universidad San Pedro Chimbote

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

1. MUESTRA: Cola de caballo (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CC-46A	20.1 mg	-----

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 850 °C.
- Masa de muestra analizada: 20.1 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



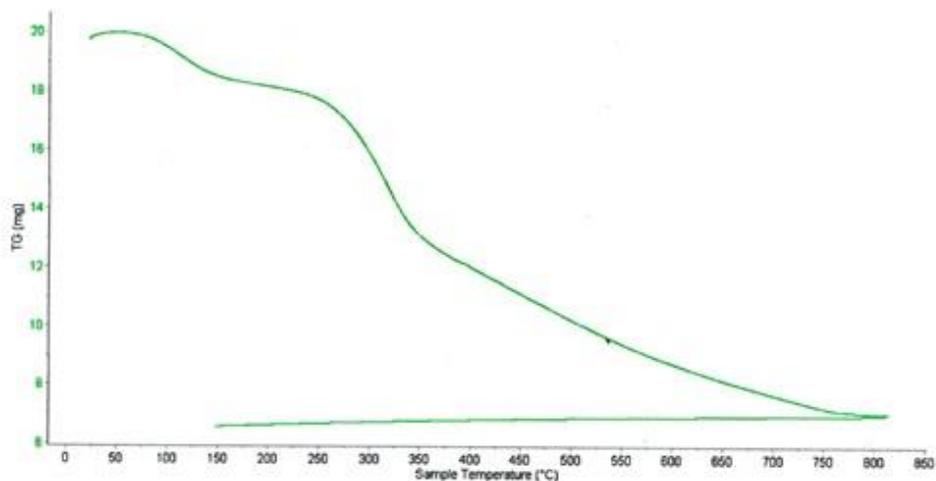


Trujillo, 28 de Abril del 2017

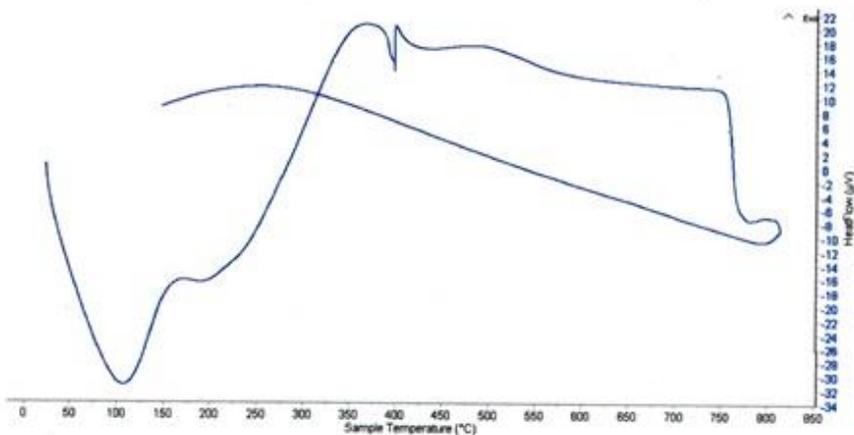
INFORME N° 46 - ABR 17

#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD



Danny M. Chávez Nov  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84951  
LABORATORIO DE POLIMEROS D.T.O. I.M.A.P.  
JEFATURA



Trujillo, 28 de Abril del 2017

**INFORME N° 46 - ABR-17**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una caída significativa de la masa del material entre un rango de 80 y 120°C y luego una mayor caída en el rango entre 250 y 320°C por efecto de la descomposición térmica. Posteriormente el material va cayendo progresivamente a un ritmo más lento hasta llegar a perder en total un 65% de su masa inicial cuando se recorre hasta la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra una ligera región endotérmica a aproximadamente a 100°C y otra región entre 190°C y 240°C. Posteriormente se evidencia un pico de absorción a aproximadamente 400°C indicando un cambio en las características del material.

Trujillo, 28 de Abril del 2017



  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros

Departamento Ingeniería de Materiales - UNT  
Danny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84953

**ANEXO N°14**

**ANALISIS DE COMPOSICION QUIMICA DE LA MEZCLA DE CEMENTO  
TIPO I Y 15 % DE CENIZA DE COLA DE CABALLO**



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

### Informe N°92-LAQ/2017

#### Análisis de una mezcla de cemento tipo I y ceniza de cola de caballo por FRXDE

##### Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una mezcla de ceniza de cola de caballo a pedido del Sr. Velásquez Real, Juniors Nilton, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**"Resistencia a la compresión de un Concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , sustituido 15 % de Cemento por Ceniza de Cola de Caballo."**

La muestra está en forma de grano fino de color gris oscuro.

##### Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que opero a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu\text{A}$ . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue alrededor de 5000 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de numero 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 0a 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 mezcla de arcilla de Shiquish. 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.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra de cemento tipo 1 con ceniza de cola de caballo. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da



**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 mezcla de arcilla de Shiquish. 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.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra de cemento tipo 1 con ceniza de cola de caballo. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da



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

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

directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de una mezcla de cemento tipo 1 y ceniza de cola de caballo en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.293	9,700
SiO <sub>2</sub>	39.794	37.502
ClO <sub>2</sub>	0.014	0.016
SO <sub>2</sub>	3.301	3.111
K <sub>2</sub> O	1.060	0.999
CaO	48.889	46.074
TiO <sub>2</sub>	0.116	0.110
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	0.002
MnO	0.025	0.025
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.185	2.059
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.001
CuO	0.012	0.012
ZnO	0.038	0.036
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	0.005
SrO	0.068	0.064
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003	0,003
ZrO <sub>2</sub>	0.001	0.001
Totales	106.111	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es algo mayor que 100% indicando que la muestra puede contener compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por



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

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

diffractometría de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.

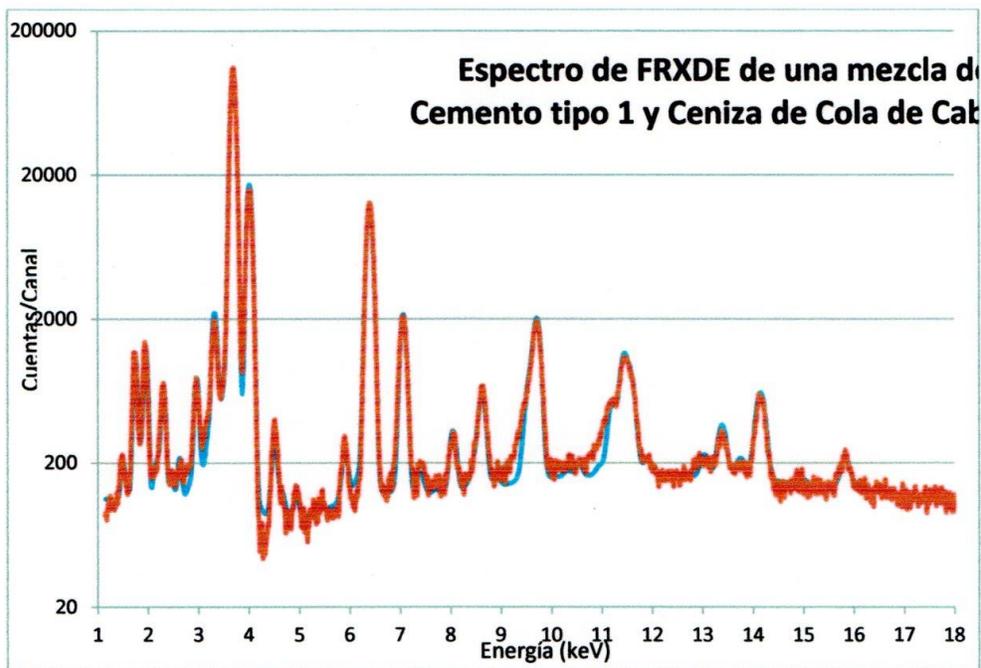


Figura 1. Espectro de FRXDE de una mezcla de cemento tipo 1 y ceniza de cola de caballo en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 28 de noviembre del 2017

**ANEXO N°15**

**ANALISIS DE COMPOSICION QUIMICA DE LA CENIZA DE COLA DE CABALLO**



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

### Informe N°94-LAQ/2017

#### Análisis de una mezcla de ceniza de cola de caballo por FRXDE

##### Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una mezcla de ceniza de cola de caballo a pedido del Sr. **Velásquez Real, Juniors Nilton**, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia a la compresión de un Concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , sustituido 15 % de Cemento por Ceniza de Cola de Caballo.”**

La muestra está en forma de grano fino de color gris oscuro.

##### Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que opero a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu\text{A}$ . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; 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 alrededor de 4070 cts/s

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

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



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

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

---

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 ceniza de cola de caballo. 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.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



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

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

Tabla 1. Composición elemental de la ceniza de cola de caballo en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.513	2.420
SiO <sub>2</sub>	84.955	81.797
SO <sub>2</sub>	1.766	1.700
ClO <sub>2</sub>	0.342	0.329
K <sub>2</sub> O	1.061	1.022
CaO	12.954	12.473
TiO <sub>2</sub>	0.015	0.014
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.001	0.001
MnO	0.011	0.011
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.166	0.160
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.001	0.001
ZnO	0.032	0.031
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	0.003
SrO	0.036	0.035
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003	0,003
ZrO <sub>2</sub>	0.001	0.001
Totales	103.860	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es algo mayor que 100% indicando que la muestra puede contener compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



**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 una mezcla de cemento y ceniza de cola de caballo en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 28 de noviembre del 2017

**ANEXO N°16**

**ANALISIS DE PH DE LA MEZCLA DE CEMENTO TIPO I Y 15 % DE CENIZA  
DE COLA DE CABALLO, MUESTAR DE CENIZA DE COLA DE CABALLO Y  
MUESTRA DE CEMENTO TIPO I**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

## REPORTE DE ENSAYOS DE PH

**De:** Jefe de Laboratorio de Corrosión y Degradación

**Para:** Velásquez Real Juniors

**Objetivos:**

- a. Medir PH de muestras solidas en polvo.

**Resultados:**

MUESTRA	PH	PH PROMEDIO
MUESTRA #1 (Cemento)	12.45	12.57
	12.59	
	12.66	
MUESTRA #2 (Ceniza)	10.46	10.41
	10.39	
	10.37	
MUESTRA #3 (Mezcla De Cemento/Ceniza)	12.40	12.45
	12.45	
	12.50	

Trujillo, 02 de noviembre de 2017

**Dr. DONATO CARDENAS ALAYO**  
Jefe de Laboratorio



**Dr. NORBERTO NIQUE GUTIERREZ**  
Director del Departamento

**ANEXO N°17**

**VALIDEZ ESTADISTICA**

Tabla 31: Resistencias a la compresión de las probetas de concreto con un porcentaje de cemento sustituido por ceniza de cola de caballo según días de curado

Días de curado	Resistencia de mortero con porcentaje de sustitución	
	0%	15% ceniza cola de caballo
3	174,18	190,62
7	196,57	218,53
28	226,52	245,02

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla 31 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de mortero son mayores a los 28 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene con un  $p > 0.05$ ) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de cemento por 15% de ceniza de cola de caballo) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 32: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustit_Cemento x cola de caballo	539,602	1	539,602	138,698	,007
Días de curado	2851,499	2	1425,749	366,473	,003
Error	7,781	2	3,890		
Total	3398.881	5			

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla 32 se puede visualizar que el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.007 < 0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales) . Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  logradas en las probetas de concreto, con sustitución del cemento en 0% y 15% por ceniza de cola de caballo, no son iguales.

También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.003 < 0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencias de los día de curado.

**ANEXO N°18**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**



**FIGURA N°13:** LA ZONA ELEGIDA FUE POR LOS ALEDAÑOS DE LA HUACA CHOLOQUE EN EL DISTRITO DE SANTA (LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA).



**FIGURA N° 14:** UBICACIÓN GEOGRAFÍA DE LA MATERIA PRIMA EXTRAIDA.



**FIGURA N° 15:** COORDENADAS UTM DEL LUGAR QUE SE OBTUVO LA COLA DE CABALLO.



**FIGURA N° 16:** UBICANDO LAS COORDENADAS UTM DEL LUGAR QUE SE OBTUVO LA COLA DE CABALLO.



**FIGURA N° 17: RECOLECCION DE COLA DE CABALLO HUACA CHOLOQUE EN BOLSAS DE PLASTICO**



**FIGURA N° 18: RECOLECCION DE COLA DE CABALLO HUACA CHOLOQUE**



**FIGURA N° 19: COLA DE CABALLO TRAI DO EN COSTALES**



**FIGURA N° 20:** PROCESO DE LAVADO DE LA COLA DE CABALLO PARA QUITAR LAS IMPUREZAS ORGANICAS



**FIGURA N° 21:** LAVADO DE LA COLAD E CABALLO



**FIGURA N° 22:** SECADO DE COLA DE CABALLO SOBRE COSTALES DE PLASTICO A TEMPRATURA AMBIENTE MUINIMO UNA SEMANA.



**FIGURA N° 23:** SECADO DE COLA DE CABALLO SOBRE COSTALES DE PLASTICO.



**FIGURA N° 24:** PESANDO LA COLA DE CABALLO OBTENIENDO 1000 GR



**FIGURA N° 25:** COLA DE CABALLO OBTENIENDO 1000 GR



**FIGURA N° 26: MACETA DE ARCILLA PARA PRE-QUEMADO DE LA COLA DE CABALLO**



**FIGURA N° 27: COLOCACION DE LA COLA DE CALLO PARA SU PRE QUEMADO**



**FIGURA N° 28: COLOCACION DE UNA PLATO EN LA BASE PARA QUE CAIGAN LOS RESIDUOS.**



**FIGURA N° 29:** QUEMADO POR MEDIO DE PAPEL POR LA PARTE DEL FONDO.



**FIGURA N° 30:** QUEMADO DE LA COLA DE CABALLO A CIELO ABIERTO.



**FIGURA N° 31:** QUEMADO DE LA COLA DE CABALLO RESULTANDONOS UN CARBON.



**FIGURA N°32: QUEMADO DE LA COLA DE CABALLO CASI ACABADO**



**FIGURA N° 33: QUEMADO DE LA COLA DE CABALLO.**



**FIGURA N° 34: RESIDUO QUEMADO EN LA MACETA.**

**PROCESO PARA LA MUESTRA DE ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL**



**FIGURA N° 35:** OLLA DE BARRO CON LA MUESTRA DE COLA DE CABALLO.



**FIGURA N° 36:** OLLA DE BARRO CON LA MUESTRA DE COLA DE CABALLO EN EL FUEGO.



**FIGURA N° 37:** OLLA DE BARRO CON LA MUESTRA DE COLA DE CABALLO EN EL FUEGO MOVIENDO EVITANDO QUE SE QUEME.



**FIGURA N°38:** MOLIDO DE LA MUESTRA EN MORTERO HASTA OBTENER UNA MUESTRA FINA



**FIGURA N° 39: MOLIDO DE LA MUESTRA EN MORTERO HASTA OBTENER UNA MUESTRA FINA**



**FIGURA N° 40: MOLIDO DE LA MUESTRA EN MORTERO HASTA OBTENER UNA MUESTRA FINA**



**FIGURA N°41: PESO DE 5.0 GR DE COLA DE CABALLO  
PROCESO PARA ENSAYO PARA CALCULO DE PH Y COMPOSICION QUIMICA POR  
FUORENCENCIA DE RAYOS X**



**FIGURA N° 42:** PROCESO DE CALCINADO EN MUFLA PARA ENSAYO DEFLUORESCENCIA DE RAYOS X Y CALCULO DE PH



**FIGURA N° 43:** MUESTRA DE COLA DE CABALLO CALCINADO PASADO POR LA MALLA N° 200 PARA ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X Y CALCULO DE PH



**FIGURA N° 44:** EQUIPO UTILIZADO PARA EL CALCULO DEL PH DE LA CENIZA DE COLA DE CABALLO, CEMENTO TIPO I Y LA COMBINACION DE AMBOS CON 15% DE SUSTITUCION.



**FIGURA N° 45:** PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DEL PH DE LA CENIZA DE COLA DE CABALLO, CEMENTO TIPO I Y LA COMBINACION DE AMBOSCON 15% DE SUSTITUCION.



**FIGURA N° 46:** LAS TRES MUESTRAS ENSAYADAS DESPUES DE 5 MINUTOS.



**FIGURA N° 47:** MUESTRA ENSAYADAS DESPUES DE LOS 5 MINUTOS.



**FIGURA N° 48: RECOLECCIÓN DE LOS AGREGADO GRUESO**



**FIGURA N° 49: ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO**



**FIGURA N° 50: ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**



**FIGURA N° 51: PESO UNITARIO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO**



**FIGURA N° 52: PESO UNITARIO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO**



**FIGURA N° 53: ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO Y FINO**



**FIGURA N° 54: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**



**FIGURA N° 55: PESO ESPECÍFICO DE LA MASA DEL AGREGADO FINO**



**FIGURA N° 56: PESO ESPECÍFICO DE LA MASA DEL AGREGADO FINO**



**FIGURA N° 57: PRUEBA DEL SLUMP**



**FIGURA N° 58: PRUEBA DEL SLUMP**



**FIGURA N° 59: ELABORACION DE LA MEZCLA DE CONCRETO PATRON**



**FIGURA N° 60: MOLDES PREPARADOS PARA EL CONCRETO PATRON**



**FIGURA N° 61: ELABORACION DE LA MEZCLA DE CONCRETO PATRON**



**FIGURA N° 62: ELABORACION DE LA MEZCLA DE CONCRETO ESPERIMENTAL**



**FIGURA N° 63: ELABORACION DE LA MEZCLA DE CONCRETO ESPERIMENTAL DANDO SU ACABADO.**