

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
sustituyendo al cemento en 15% y 25% de arcilla y cal.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Cruz Romero Omar Joel

Asesor:

Ing. Cerna Chávez Rigoberto

Huaraz – Perú

2019

PALABRAS CLAVE

Tema	Resistencia a compresión, arcilla, cal
-------------	--

Especialidad	Tecnología del concreto
---------------------	-------------------------

KEY WORDS

Tema	Compressive strength, clay, lime.
-------------	-----------------------------------

Especialidad	Concrete technology
---------------------	---------------------

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Programa	Ingeniería Civil
-----------------	------------------

Línea de investigación	Construcción y Gestión de la Construcción
-------------------------------	---

OCDE	2. Ingeniería y tecnología 2.1. Ingeniería Civil Ingeniería de la Construcción
-------------	--

Sub – líneas o campos de la investigación	Material de la Construcción Tecnología de la Construcción y Procesos Constructivos
--	---

**Resistencia a la compresión de un concreto $f'_c = 210$
kg/cm² sustituyendo al cemento en 15% y 25% de arcilla y cal**

RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo sustituir el cemento por la combinación de arcilla y cal en la preparación de un concreto estructural y así poder determinar la combinación que ofrece el mejor comportamiento mecánico en el concreto. Se determina el comportamiento mecánico del concreto sustituyendo al cemento en la relación 1/3 por la combinación de 15% (3.75% de arcilla y 11.25% de cal) y 25% (6.25% de arcilla y 18.75% de cal), para lograr este objeto se realizó 3 ensayos, el concreto patrón contenía el 100% de cemento, la combinación 1 contenía el 85% de cemento y 15% de arcilla y cal, la combinación 2 contenía 75% de cemento y 25% de arcilla y cal. Todas estas combinaciones presentaron un pH adecuado para ser empleado en la preparación del concreto, las combinaciones 1 y 2 proporcionaron resistencias cercanas a la resistencia de diseño, siendo el $f'_c=218.10 \text{ Kg/cm}^2$ y 209.10 Kg/cm^2 respectivamente, encontrándose bastante cercanos a la resistencia proporcionada por el concreto patrón que fue de 214.30 Kg/cm^2 . Finalmente se establece como combinación optima la combinación 1 que disminuyo hasta un 15% la cantidad de cemento en el concreto.

ABSTRAC

The objective of this research is to replace cement by the combination of clay and the preparation of a structural concrete and power. The mechanical behavior of the concrete is determined by replacing the cement in the 1/3 ratio by the combination of 15% (3.75% clay and 11.25% lime) and 25% (6.25% clay and 18.75% lime), to achieve this object was carried out 3 tests, the concrete pattern contained 100% cement, the combination 1 contained 85% cement and 15% clay and lime, the combination 2 contained 75% cement and 25% clay and lime. All the combinations of a suitable function for the use in the preparation of the concrete combinations 1 and 2 provided resistances in the resistance of the design, being the $f_c = 218.10 \text{ Kg / cm}^2$ and 209.10 Kg / cm^2 respectively, being quite close The resistance provided by the concrete pattern that was 214.30 Kg / cm^2 . Finally, combination 6 was established as the optimum combination, which reduced the amount of cement in the concrete by 15%.

INDICE

Contenido

Título	i
Palabras clave - key words – Línea de investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
I. INTRODUCCIÓN:	1
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	35
III. RESULTADOS	38
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
VII. ANEXOS Y APÉNDICES	67

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Ensayo de resistencia a la compresión</i>	04
<i>Figura 2: Componentes del concreto</i>	11
<i>Figura 3: Granulometría del agregado fino</i>	12
<i>Figura 4: Resistencia a la compresión promedio</i>	26
<i>Figura 5: Asentamiento o slump</i>	26
<i>Figura 6: Slump según tipo de construcción</i>	27
<i>Figura 7: Estimación del agua del mezclado y contenido de aire</i>	28
<i>Figura 8: Estimación del agua del mezclado y contenido de aire</i>	29
<i>Figura 9: Curva granulométrica del agregado grueso</i>	38
<i>Figura 10: Curva granulométrica del agregado Fino</i>	39
<i>Figura 11: Cal viva</i>	43

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Variable dependiente</i>	33
<i>Tabla 2: Variable dependiente</i>	33
<i>Tabla 3: Resistencia a la compresión</i>	36
<i>Tabla 4: Técnica e instrumento</i>	37
<i>Tabla 5: pH del Cemento, cal, arcilla y combinaciones</i>	42
<i>Tabla 6: Composición química de la cal a nivel de óxidos</i>	43
<i>Tabla 7: Composición química de la arcilla a nivel de óxidos</i>	46
<i>Tabla 8: Resistencia a la compresión de Probetas Patrón</i>	48
<i>Tabla 9: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón</i>	49
<i>Tabla 10: Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales</i>	50
<i>Tabla 11: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la combinación 1.</i>	51
<i>Tabla 12: Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales</i>	52
<i>Tabla 13: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la combinación 2.</i>	53
<i>Tabla 14: Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal</i>	54
<i>Tabla 15: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas</i>	55
<i>Tabla 16: Comparación de la composición química entre Cemento y Cáscara de huevo molido de anteriores tesis y actual</i>	58
<i>Tabla 17: Comparación de la composición química entre Cemento y Cáscara de huevo molido de anteriores tesis y actual.</i>	59

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y fundamentación científica

1.1.1. Antecedentes

Tobón & Gómez (2008). Determinan la incidencia de adicionar calizas de diferentes calidades al cemento Pórtland tipo III, en contraste a la caliza de alta calidad que la empresa Cementos El Cairo S. A., está incorporando a su cemento. Se substituyó en el cemento 15, 20 y 25% de calizas con títulos (% de CaCO_3) $< 70\%$, $70 - 80\%$ y $> 80\%$. Se evaluó la resistencia mecánica de morteros curados bajo condiciones estándar a 3, 7 y 28 días. En pastas se determinó la evolución mineralógica durante el proceso de hidratación usando Difracción de Rayos-X y Análisis Termo gravimétrico. Se encontró que las calizas $< 70\%$ de CaCO_3 son una muy buena opción de adición mineral para el cemento Pórtland aún en cantidades superiores al 20% porque tienen efectos menos negativos sobre las resistencias mecánicas en comparación con las calizas de alta pureza y prácticamente no modifican los tiempos de fraguado, la expansión y la demanda de agua de los morteros adicionados con ellas. Aunque los morteros substituidos con 20% de calizas rebajadas presentaron un $\text{IP} > 75\%$ (ASTM C311), estas calizas no presentan actividad puzolánica porque no producen las modificaciones mineralógicas que se esperan de una puzolana.

Chinen (2002). En su investigación titulada “Factibilidad y estudios de las propiedades del concreto de baja resistencia adicionado con cal”, desarrollado en la Universidad Nacional de Ingeniería de enfoque experimental tuvo como objetivo el estudio de los efectos de la adición de la cal en el comportamiento del concreto tanto en el fresco, como en el endurecido en curado húmedo y/o seco, hasta un máximo de 91 días.

Las relaciones de cal-cemento a ensayar fueron: 10%-90%, 20 %-80% y 30%-70%. Se usó cemento Portland Tipo 1-Sol, fabricado por Cemento Lima SA.

De acuerdo a lo obtenido en los ensayos la trabajabilidad del concreto con cal aumenta con 10% y 20% y llegando a ser una mezcla seca cuando se le añade 30% de cal en remplazo del cemento. Se puede observar que la trabajabilidad de los concretos con cales aumenta aún teniendo menores asentamientos que en el concreto patrón.

Pozo (2014). En su investigación titulada “Resistencia a la compresión del concreto usando cal como aditivo en Huaraz – 2014”, desarrollado en la Universidad San Pedro – Huaraz de enfoque experimental, adicionaron cal viva en un 5 y 10% con referencia en peso de la cantidad del cemento determinado mediante un diseño de mezcla por el método del ACI... obtuvieron resistencias de $f'c=175.71 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=193.51 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=208.01 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c=223.27 \text{ Kg/cm}^2$ a edades de 7, 14, 21 y 28 días respectivamente para testigos de concreto elaborados con 5 % y de $f'c=194.06 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=218.31 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=232.13 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c=251.54 \text{ Kg/cm}^2$ a edades de 7, 14, 21 y 28 días respectivamente para testigos de concreto elaborados con 10 % de adición de cal viva, el concreto patrón fue diseñado con una resistencia de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, del cual se obtuvieron resistencias de $f'c=157.35 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=173.15 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=197.00 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c=217.05 \text{ Kg/cm}^2$ a edades de 7, 14, 21 y 28 días respectivamente. Concluyeron que la mayor resistencia a la compresión del concreto se alcanza adicionando cal viva en un 10%, por lo que recomendaron su utilización en este porcentaje. En esta investigación claramente se pudo evidenciar que la mayor resistencia a la compresión axial se podría alcanzar adicionando un 10% de cal viva, pero no se evaluó el comportamiento del concreto adicionando porcentajes superiores, motivo por el que existe la posibilidad de que se puedan obtener mayores resistencias si se incrementa la concentración de cal viva.

Vásquez (2016). En su investigación titulada “Resistencia en concreto con cemento sustituido en un 5% y 7% por arcilla de Carhuaz-Ancash”, desarrollada en la Universidad San Pedro – Chimbote, tuvo como objetivo determinar la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituye el cemento en 5% y 7% por arcilla de San Miguel de Aco - Carhuaz –Ancash, esta investigación fue de tipo experimental, para el cual se elaboraron 27 testigos de concreto; 9 del concreto

patrón, 9 con el 5% de cemento sustituido por arcilla y 9 con el 7% de cemento sustituido por arcilla. Al sustituirse el cemento en un 5% se obtuvieron resistencias de $f'c=171.57 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=193.68 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=227.01 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7, 14 y 28 días respectivamente y en un 10% se obtuvieron resistencias de $f'c=203.43 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=219.11 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=240.24 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Concluyo que la mayor resistencia a la compresión del concreto se alcanza adicionando arcilla en un 7%, por lo que recomendó su utilización en este porcentaje. En esta investigación claramente se pudo evidenciar que la mayor resistencia a la compresión axial se podría alcanzar adicionando un 7% de cal viva, pero no se evaluó el comportamiento del concreto adicionando porcentajes superiores, motivo por el que existe la posibilidad de que se puedan obtener mayores resistencias si se incrementa la concentración de arcilla en futuras investigaciones.

Zuñiga (2016). En su investigación titulada “Resistencia a la compresión de un concreto sustituido el cemento en 5% por arcilla del distrito de Macate”, desarrollado en la Universidad San Pedro de Chimbote, tuvo como objetivo determinar y comparar la resistencia de un concreto patrón $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con otro donde se sustituirá el cemento por arcilla natural de Macate previamente activada mecánicamente y térmicamente en un porcentaje 5%, con la finalidad de lograr que se alcance una resistencia a la compresión óptima. También fue sometida a un análisis térmico diferencial para encontrar el rango de temperatura en la que ésta será activada, donde se determinó calcinar a 750°C durante 1 hora y 30 minutos. La Arcilla calcinada se activó mecánicamente por molienda a un tamaño de partícula de 76 mm . Luego se escogió la cantera para los agregados y seguidamente se diseñó las probetas patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y las probetas experimentales agregando la arcilla de Macate en un porcentaje del 5% sustituyendo el cemento por arcilla y se comparó a los 7, 14 y 28 días de curado. En el cual los resultados del ensayo a compresión fueron los siguientes respectivamente: 189.72 kg/cm^2 , 213.17 kg/cm^2 y 247.76 kg/cm^2 (concreto patrón) en comparación a los resultados 187.82 kg/cm^2 , 222.09 kg/cm^2 y 239.77 kg/cm^2 (concreto experimental).

1.1.2. Fundamentación científica

RESISTENCIA A LA COMPRESION

Dado que por lo general la resistencia en compresión es un requisito fundamental que emana del proyecto estructural, o en algunas ocasiones el proyectista exige consideraciones especiales de durabilidad, se deriva entonces que un parámetro ineludible en el diseño de mezclas es la relación Agua/Cemento, pues como ya hemos visto al evaluar los conceptos sobre los materiales en el concreto, este parámetro regula dicho comportamiento. En ciertas ocasiones, las condiciones de durabilidad de las estructuras de concreto por circunstancias de exposición y agresividad extrema al medio ambiente y las características, de operatividad o uso, motivan que independientemente del f_{cr} que ya conocemos, se deba asumir una relación Agua/Cemento muy baja que optimice la impermeabilidad, la resistencia a la abrasión y el desgaste, la resistencia a la agresión química etc. y que estará asociada consecuentemente a una resistencia en compresión generalmente superior a la necesaria por requerimientos estructurales. Siendo el tema de la durabilidad bastante amplio, se trata en profundidad y se establecen una serie de criterios para elegir la relación Agua/Cemento más recomendable para cada caso particular, y así tener alternativas de decisión al respecto cuando las condiciones particulares así lo exijan (López y Abanto, 2010).



Figura N° 1: Ensayo de resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

El concreto es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.

El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos que se clasifican en grava, gravilla y arena (Abanto,2010).

El concreto, presenta un comportamiento viscoso, mientras que la otra, formada por los agregados, muestra un comportamiento casi elástico. Estando los agregados rodeados y separados entre ellos por la pasta de cemento. Resulta así, la definición de un material heterogéneo, cuya estructura particular posibilita un comportamiento inelástico; siendo las deformaciones de la fase viscosa susceptible de ser modificadas por el tiempo y las condiciones de curado, creando tensiones internas considerables. Por otra parte, a los problemas de diseño y construcción, característicos de las fábricas de piedra, de índole mecánica según las formas y las masas de los elementos, se unen en las construcciones de concreta multitud de otros factores, que deben ser conocidos y apreciados por el Ingeniero, que interviene directamente en su fabricación desde una primera instancia. Así pues, ha de estudiar el tipo y calidad de los áridos, los problemas de fraguado endurecimiento del aglomerante, la dosificación del conjunto, su fabricación y puesta en obra, su comportamiento bajo la acción de las cargas y de los agentes destructivos (Gonzales. M, 1962).

CONCRETO

La palabra concreto viene del latín “concretus” que significa compuesto. Consiste en una mezcla de agregados pétreos graduados unidos con una pasta de cemento y agua.

Los agregados generalmente se clasifican en dos tipos: finos y gruesos. El término se suele oponer a lo general o abstracto, ya que está referido a algo determinado y preciso. El concreto es un material muy frecuente en la construcción ya que tiene la capacidad de resistir grandes esfuerzos de compresión. Sin embargo, no se desempeña bien ante otros tipos de esfuerzos, como la flexión o la tracción. Por lo tanto, el concreto suele utilizarse en conjunto con el acero, en un compuesto que recibe el nombre de hormigón armado.

Es frecuente que al concreto se le añadan diversos aditivos para modificar sus características. Entre estos aditivos es posible mencionar a impermeabilizantes, colorantes y retardadores de fraguado, entre otros.

Este tipo de material tenemos que subrayar que tiene ya su origen en el Antiguo Egipto y desde entonces también sería empleado en siglos posteriores por otras culturas y civilizaciones como sería el caso de Grecia o el imperio romano. Precisamente durante este último periodo histórico habría que destacar que el concreto se utilizó en parte para poner en pie construcciones tan importantes como el Coliseo de Roma (Pérez y Merino, 2010).

PROPIEDADES DEL CONCRETO Y SUS COMPONENTES

Propiedades principales del concreto fresco

- **TRABAJABILIDAD.** Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su • evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian. Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa. Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento

mantiene siempre una película de mortero de al menos 2" sobre el agregado grueso. El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse en cuenta la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo (Abanto, 2001).

- **SEGREGACION.** Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra > del 55% en peso con respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más de 6%. El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio (Abanto, 2001).
- **EXUDACION.** 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. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla No 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 su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla (Abanto, 2001).

- **CONTRACCION.** Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. Ya hemos visto que 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 llamada 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 en 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. Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad (Abanto, 2001).

Propiedades principales del concreto endurecido

- **ELASTICIDAD.** En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material eminentemente elástico, esto se puede observar fácilmente si se somete a un espécimen a esfuerzos de compresión crecientes hasta llevarlo a la falla, si para cada nivel de esfuerzo se registra la deformación unitaria del material, se podría dibujar la curva que relaciona estos parámetros (Abanto, 2001).

- **RESISTENCIA.** Esta propiedad se determina de acuerdo a la norma NTP 339.034.2013. HORMIGÓN. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 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. Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto. Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 kg/cm², habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencia sobre 700 kg/cm² (Abanto, 2001).

COMPONENTES

Abanto (2001), El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaño de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

- **CEMENTO.** Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. NORMA NTP 334.001.

- **AGUA.** Componente del concreto en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas para producir una pasta eficientemente hidratada, que le otorgan la propiedad de fraguar y endurecer con el tiempo.
- **AGREGADOS.** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma NTP 400.037.
- **ADITIVOS.** Se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción.

AGREGADOS

Definición

Llamados también áridos, son un conjunto de partículas de origen natural o artificial; que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011.2008. Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen, de una mezcla típica de concreto; razón por la cual haremos un análisis minucioso y detenido de los agregados utilizados en la zona (López y abanto, 2001).

AIRE	1% - 3%
CEMENTO	7% - 15%
AGUA	15% - 22%
AGREGADOS	60% - 75%

Figura N° 2: Componentes del concreto

Fuente: (NTP 400.037.2002)

Los agregados deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037.2002 o de la Norma ASTM C 33, así como los de las especificaciones del proyecto. Los agregados finos y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del Proyectista, el agregado integral denominado "hormigón" deberá cumplir como lo indica la Norma E.060 (López et al., 2001).

López (1999) Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar:

- 1). Que la pérdida de finos sea mínima.
- 2). Se mantendrá la uniformidad del agregado.
- 3). No se producirá contaminación con sustancias extrañas.
- 4). No se producirá rotura o segregación importante en ellos.

Dependiendo de sus dimensiones la Norma Técnica Peruana, clasifica y denomina a los agregados en:

Agregado Fino

Según Abanto (2001), se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm. (3/8") y queda retenido en el tamiz 74 um (N°200) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.2002. El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.
- El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.037.2002.

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA
9.5 mm (3/8)	100
4.75 mm (N°4)	95 – 100
2.36 mm (N°8)	80 – 100
1.18 mm (N°16)	50 – 85
600 um (N°30)	25 – 60
300 um (N°50)	05 – 30
150 um (N°100)	2 – 10

Figura N° 3: Granulometría del agregado fino

Fuente (NTP 400.037.2002)

- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.3 y 3.1.
- El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la NTP 400.013.2013.

Agregado Grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm. (N o 4) y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037". El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial (Abanto y López, 199).

Sánchez y Rivera (2013) confirman en su libro que agregado grueso deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- ✓ Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- ✓ Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- ✓ Es recomendable tener en consideración lo siguiente: Según NTP400.037 ó la Norma ASTM C33.
- ✓ La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.

- ✓ 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.

- ✓ La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más de 16% del agregado que pasa la malla de 1/4".

- ✓ El agregado grueso debería estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400.037.2002.

Tamaño Nominal Máximo del Agregado Grueso

López y abanto (2001) manifiestan que: “La NTP 400.011.2008 lo define como la abertura de la malla del tamiz que indica la Norma de malla menor, por lo cual el agregado grueso pasa del 95% al 100%”.

Módulo de Fineza

López y abanto (2001) afirma que: “El denominado módulo de fineza, representa un tamaño promedio ponderado de la muestra de arena, pero no representa la distribución de las partículas”.

Es un factor empírico obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices NTP: 149 um (N° 100), 297 um (N° 50), 595um (N° 30), 1.19mm (N° 16), 2.38 mm (N° 8), 4.76 mm (N°4), 9.51 mm (3/8"), 19.00mm (3/4"), 38.1mm (1 1/2"), 76.2 mm (3") y mayores incrementando en la relación de 2 a 1 (Sánchez , 2013).

Material Pasante y Material Retenido

Rivera (2013) sostiene que: La NTP 400.012.2013 considera que un agregado "pasa" por un tamiz, siempre que éste no retenga más de un 5% en peso del material tamizado. Se dice que un agregado es "retenido" por un tamiz cuando éste no deja pasar más de un 5% en peso del material tamizado.

Peso Específico y Absorción (NTP 400.021 - NTP 400.022)

- **Peso específico**

López (1999) sostiene que: “El peso específico de los agregados es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles”.

Peso específico del agregado fino (NTP 400.022)

López y Rivera (2013) afirman que: La presente norma establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino. Las definiciones que se sugieren en la presente norma son:

- **peso específico aparente**

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

- **Peso específico de masa**

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

- **Peso específico de masa saturado superficialmente seco**

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Nota: El peso específico anteriormente definido está referido a la densidad del material, conforme al Sistema Internacional de Unidades.

- **Peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)**

Es la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

• **Absorción del agregado fino (NTP 400.022)**

La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de absorción (después de 24 horas en el agua).

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

La absorción del agregado grueso se determina por la NTP 400.021.

Contenido de Humedad (NTP 339.185)

López (1999) sostiene que: La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso. Los agregados se

presentan en los siguientes estados: seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

Peso Volumétrico Unitario (NTP 400.017)

La norma establece el método para determinar el peso unitario de agregados finos y gruesos. Se denomina peso volumétrico del agregado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y para convertir cantidades en volumen y viceversa, cuando el agregado se maneja en volumen (Sánchez, 2013).

Forma y Textura Superficial

López et al., (2010) afirman que: La forma y textura de las partículas de agregados influyen grandemente en los resultados a obtenerse en las propiedades del concreto. Existiendo un efecto de anclaje mecánico que resulta más o menos favorable en relación con el tamaño, la forma, la textura superficial y el acomodo entre ellas, también se producen fenómenos de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, condicionados por estos factores; que contribuyen en el comportamiento de resistencia y durabilidad del concreto.

DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de concreto es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada, así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado, además se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio (Sánchez,2001).

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados. Existen diferentes métodos de Diseños de Mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aun así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión (López y Abanto, 2010).

Parámetros básicos

a) El principio de los volúmenes absolutos.

Todos los métodos de diseño de mezclas exactos, se basan en el principio de considerar en el cálculo, los volúmenes de los componentes sin incluir los vacíos entre ellos, de manera que sumados conjuntamente con el aire que atrapa el concreto suministren la unidad de medida que se esté adoptando, que usualmente es 1m^3 . En consecuencia, se trabaja en los cálculos con el peso específico de los sólidos, también llamado gravedad específica o peso específico de masa, sea en condición seca o saturada superficialmente seca, para obtener los volúmenes sólidos de los componentes de modo de dosificarlos adecuadamente para lograr la unidad volumétrica de medida (Abanto, 2010).

b) La resistencia en compresión y la relación agua y cemento.

Dado que por lo general la resistencia en compresión es un requisito fundamental que emana del proyecto estructural, o en algunas ocasiones el proyectista exige consideraciones especiales de durabilidad, se deriva entonces que un parámetro ineludible en el diseño de mezclas es la relación Agua/Cemento, pues como ya hemos visto al evaluar los conceptos sobre los materiales en el concreto, este parámetro regula dicho comportamiento. En ciertas ocasiones, las condiciones de durabilidad de las estructuras de concreto por circunstancias de exposición y agresividad extrema al

medio ambiente y las características, de operatividad o uso, motivan que independientemente del fcr que ya conocemos, se deba asumir una relación Agua/Cemento muy baja que optimice la impermeabilidad, la resistencia a la abrasión y el desgaste, la resistencia a la agresión química etc. y que estará asociada consecuentemente a una resistencia en compresión generalmente superior a la necesaria por requerimientos estructurales. Siendo el tema de la durabilidad bastante amplio, se trata en profundidad y se establecen una serie de criterios para elegir la relación Agua/Cemento más recomendable para cada caso particular, y así tener alternativas de decisión al respecto cuando las condiciones particulares así lo exijan (López y Abanto, 2010).

c) La granulometría de los agregados y el tamaño máximo de la piedra.

Está generalizado mundialmente el criterio de utilizar las granulometrías o gradaciones de agregados que provean el mejor acomodo entre las partículas creando una estructura muy densa, resistente e impermeable y favoreciendo la trabajabilidad. Sostiene que: “En este sentido existen una gran variedad de opciones en cuanto a cómo evaluar dichas gradaciones y como combinarlas, que dependen de la mayor o menor confiabilidad que se le asigne al sustento técnico de cada una, por lo que esta etapa es la que diferencia un método de diseño de otro. Dentro de la granulometría, un factor importante, es el Tamaño Máximo del agregado y su forma. Está justificado experimentalmente que este factor influya en la cantidad de agua que requiere la mezcla para satisfacer condiciones de trabajabilidad, y así cuanto mayor sea el Tamaño del agregado y más redondeado, menor será el requerimiento de agua. Cuanto más fino y anguloso es el agregado supone mayor cantidad de partículas y una mayor área a ser cubierta por el agua para fines de trabajabilidad, y cuanto más grueso y redondeado, se reduce consecuentemente la cantidad de partículas y el área involucrada. El tamaño máximo está además muy relacionado con la disposición y facilidades de colocación del concreto en los encofrados así como el tipo de estructura, por lo que se recomienda usualmente que no sea más de 1/3 del espesor de las losas, 1/5 de la mínima dimensión de los encofrados, ni más de 3/4 del espacio mínimo en el acero de refuerzo, pero esto

no es limitativo si se puede demostrar en obra la eficiencia de diseños con tamaño mayor (López y Abanto, 2010).

d) La trabajabilidad y su trascendencia.

López (1999) afirma que: “La trabajabilidad constituye el parámetro más manejado por los que diseñan, producen y colocan concreto, sin embargo es el más difícil de definir, evaluar y cuantificar en términos absolutos”.

Se define como el mayor o menor trabajo que hay que aportar al concreto en estado fresco en los diferentes procesos de fabricación, transporte, colocación, compactación y acabado. Usualmente recurrimos al slump como evaluación de esta característica, pero la experiencia demuestra que es una manera sumamente limitada de evaluarla pues sólo resulta un indicador de la cantidad de agua en la mezcla (López et al., 2010).

e) Economía

López et al., (2010) sostienen que: El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto. En general, esto puede ser echo del siguiente modo:

- Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación.

- Utilizando el mayor tamaño máximo del agregado (respetando las limitaciones indicadas en el capítulo anterior).

- Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregado fino.
- Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente.

f) Información requerida para el diseño de mezclas.

López y abanto (2010) sostienen que: La información requerida para el diseño de mezcla son:

- Análisis granulométrico de los agregados.
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico de los agregados (fino y grueso).
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Perfil y textura de los agregados.
- Tipo y marca del cemento.
- Peso específico del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

Pasos para el proporcionamiento.

López (1999) se refirió en su libro de poder resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
- Elección de la resistencia promedio ($f' c$).
- Elección del Asentamiento (Slump).
- Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento (a/c).
- Cálculo del contenido de cemento.
- Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- Ajustes por humedad y absorción.
- Cálculo de proporciones en peso.
- Cálculo de proporciones en volumen.
- Cálculo de cantidades por tanda.

a. Especificaciones técnicas

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil (López, 1999).

b. Elección de la resistencia promedio (f'c) (ACI 318)

Cálculo de la desviación estándar

Método 1

López et al., (2010) afirman que: Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá:

a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.

b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño fe que este dentro del rango de ± 7.0 MPa de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$s_s = \sqrt{\frac{\sum(x_i + \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 1$$

Dónde:

Ss = Desviación estándar, en MPa.

xi = Resistencia de la probeta de concreto, en MPa.

x = Resistencia promedio de los especímenes, en MPa.

n = Número de ensayos consecutivos de resistencia.

e) Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{s}_s = \sqrt{\frac{\Sigma(n-1)^2(s_{1s})^2 + (n_2-1)(s_{2s})^2}{n_1+n_2-2}} \dots\dots\dots 2$$

Dónde:

Ss = Desviación estándar promedio en kg/cm².

s1s y s2s = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en MPa.

n1 y n2 = Número de ensayos en cada grupo, respectivamente.

Método 2

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculará la desviación estándar "5s" correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor de corrección indicado en la figura 5 para obtener el nuevo valor de "s". El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con los requisitos a), b) del método 1 y representar un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario (López et al., 2010).

Cálculo de la resistencia promedio requerida

López et al., (2010) mencionan que: Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida f_{cr} se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada f_c . La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 3.5 MPa por debajo de la resistencia especificada f_c .

- a) Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar "Ss" calculada.

Para: $f_c < 35\text{MPa}$

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s \dots\dots\dots (3)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s_s - 3.5 \dots\dots\dots(4)$$

Para: $f_c > 35\text{MPa}$

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$$
$$f'_{cr} = 0.9f'_c + 2.33s_s$$

Dónde:

Ss = Desviación estándar, en MPa.

- b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla siguiente para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Resistencia especificada a la compresión: f_c MPa	Resistencia pro medio requerida a la compresión: f_{cr}(MPa)
$f_c < 20$	$f_c + 7.0$
$20 \leq f_c \leq 35$	$f_c + 8.5$
$f_c > 35$	$1.1f_c + 5$

Figura N° 4: Resistencia a la compresión promedio

Fuente: (ACI 318)

c) Elección del Asentamiento (Slump).

➤ Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Fluida	≥ 5" (125mm)

Figura N° 5: Asentamiento o slump

Fuente: (ACI 318)

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla siguiente podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar.

TIPOS DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (cm)	
	MAXIMO	MINIMO
- Zapatas y muros de cimentación reforzados	8	2
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	2
- Vigas y muros reforzados	10	2
- Columnas	10	2
- Pavimentos y losas	8	2
- Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Figura N° 6: Slump según tipo de construcción

Fuente: (ACI 318)

d) Selección del tamaño máximo del agregado grueso.

López et al., (2010) sostienen que: “Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura”. La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- 1/3 del peralte de la losa; o 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o duetos de pres fuerzo.

López y abanto (2010) afirman que: “El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente”.

López y abanto (2010) refieren que: “Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm (1 ½”). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

e) Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.

La tabla siguiente, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)		Agua en $litros/m^3$ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1 1/2")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")		205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")		225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")		240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")		180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100 (3" a 4")		200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180 (6" a 7")		215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5'	1.0'
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5'	3.0'
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5'	4.0'

Figura N° 7: Estimación del agua del mezclado y contenido de aire

Fuente: (ACI 318)

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm (1 ½”) se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1 ½”) por tamizado húmedo. Estos contenidos de agua de mezclado son

valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o NTP 400.037).

Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1 1/2") antes de evaluar el contenido de aire. el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1 1/2") debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1 1/2"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en lt/m^3 , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1"-2")		75mm a 100mm (3"-4")		150mm a 175mm (6"-7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1 1/2"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

Figura N° 8: Estimación del agua del mezclado y contenido de aire

Fuente: (ACI 318)

f) Selección de relación agua y cemento a/c.

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

g) Cálculo del contenido del cemento

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser

especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

$$\text{Contenido de cemento } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{contenido de agua de mezclado } \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Relación a/c}} \dots \dots \dots (5)$$

ARCILLA

Correa y Yulieimis (2018) manifiestan que: La arcilla es un material natural que está constituido por minerales en forma de granos. Puede ser un material muy moldeable al ser combinado con agua, por se le puede dar cualquier forma y luego, se endurece al secar o al ser sometida al calor. Por esas propiedades, la arcilla es ampliamente utilizada para realizar objetos cerámicos; de hecho, fue la primera cerámica realizada por el hombre y hasta hoy, uno de los materiales más utilizados. Es la reacción química a la que es sometida la arcilla mediante diferentes procesos, con la finalidad de obtener una composición adecuada a la necesidad ya sea industrial, constructora u otras actividades. Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, producción de cemento y procesos químicos.

Clasificación:

Arcillas primarias

Las arcillas primarias son las que se encuentran en el mismo lugar en donde se formaron, es decir, no han sido transportadas por el agua o el viento. Son muy raras. Siendo sus principales características las de ser: de color blanco o tirando al gris, poco plásticas y muy puras por lo que no son muy útiles, en su estado primario, para el ceramista (Correa,2018).

Arcillas secundarias

Las arcillas secundarias son las más comunes: se han formado a lo largo de los años separándose de las rocas de origen y sedimentándose, en ocasiones a distancias considerables. Sus características principales son: tienen colores muy diversos, según su composición, desde el rojo al negro, pasando por el amarillo y el gris; en contra de las arcillas primarias, éstas, resultan muy plásticas por lo que resultan fáciles de trabajar y es con la que la mayoría de los ceramistas están identificados y familiarizados (Correa,2018).

CALIZA

La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos. También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc., que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca. El carácter prácticamente mono mineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico (Bustillo et al.,2001).

1.2. Justificación de la investigación

El presente estudio pretende contribuir con la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en 15% y 25% de arcilla y cal considerando su capacidad estructural y el índice de la condición operacional de la superficie de las estructuras, este estudio aplicado en el futuro puede contribuir a tomar decisiones de mejorar la calidad de vida de un concreto, evitando agrietamientos, fallas del concreto y molestias de confort para sus usuarios.

La producción excesiva del cemento y su efecto contaminante a nivel mundial junto a la elaboración de diversos aditivos con diferentes funciones y aplicaciones sobre el concreto causan inmensa contaminación al medio ambiente; siendo uno de los principales problemas para la sociedad así también en lo económico, puesto que en el mercado el precio es elevado, ésta investigación busca comprobar el bajo costo para adquirir un buen sustituto que mejore en cuanto a la propiedad mecánica, en lo que se refiere resistencia a la compresión, de comprobarse serviría de gran aporte a la ingeniería Civil, por la calidad de un material natural y a bajo precio queriendo aprovechar los recursos inorgánicos que no están siendo aprovechados y que se encuentran como materia prima.

1.3. Problema

Actualmente la problemática en nuestra localidad es el bajo rendimiento de las edificaciones, debido a que tratan de economizar en materiales, de aquí partimos nuestro trabajo de investigación, buscando innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas más pobres, Se plantea la sustitución de la combinación de arcilla y cal de en un 15% y 25% por cemento como solución buscando comprobar que añadiendo este material mencionado pueda obtener una mejor resistencia a compresión de concreto.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cómo influye la sustitución al cemento en 15% y 25% por la combinación de arcilla y cal en la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$?

1.4. Conceptuación y operacionalización de las variables

1.4.1. Variable Dependiente:

Tabla N° 1: Variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Resistencia a la compresión del concreto	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez e. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga axial	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

1.4.2. Variable Independiente:

Tabla N° 2: Variable dependiente

Variable	Definición operacional	Indicador
Combinaciones de arcilla y cal	Sustitución en dos porcentajes por la combinación de arcilla activada y cal por cemento en el diseño de concreto $f'c = 210\text{ Kg/cm}^2$.	Porcentaje Combinacion1 15%(3.75%de arcilla y 11.25%de cal), Combinacion2 25%(6.25%de arcilla y 18.75% de cal)

Fuente: Elaboración propia

1.5. Hipótesis

La sustitución al cemento en 15% y 25% por la combinación arcilla y cal mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto convencional.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en 15% y 25% de arcilla y cal.

1.6.1.1. Objetivos Específicos

- Determinar el límite del ATEMBER de la arcilla (límite plástico y límite líquido).
- Determinar el análisis térmico diferencial de la arcilla.
- Realiza o determinar el ensayo fluorescencia de rayos X de la arcilla y la cal para determinar la composición química.
- Determinar grado de alcalinidad (pH) de los materiales y la combinación.
- Determinar relación agua – cemento del cemento patrón y experimentales.
- Determinar el peso específico de la arcilla, cal y la combinación.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimentales a los 7,14 y 28 días, comparar y analizar resultados mediante la validez estadística.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Es una investigación explicativa porque nos explica el porqué de cada uno de los comportamientos mecánicos que se obtenidos mediante los ensayos de laboratorio. El tipo de investigación es aplicada, porque los resultados servirán para la solución de problemas relacionados al diseño de mezcla, mejorando así las propiedades del concreto tales como: resistencia a la compresión y trabajabilidad.

2.1.2. Diseño de investigación

La investigación corresponde a un diseño experimental, porque mediante la aplicación del método de la experimentación y de la observación científica se determinará el resultado de la resistencia a la compresión en el diseño de mezcla de concreto, en el cual se estudió el diseño convencional del concreto en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de la combinación de arcilla y cal. Todos los ensayos han sido ejecutados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro - Huaraz, observando y debatiendo los resultados con técnicos profesionales en el ámbito de diseño de mezclas.

Siendo el diseño factorial de la investigación el siguiente:

Resistencia a la compresión

Tabla N°3: Resistencia a la compresión

Edades de ensayo (Días)	Concreto patrón	Combinación (15%) de (3.75% de arcilla y 11.25% de cal)	Combinación (25%) de (6.25% de arcilla y 18.75% de cal)
7			
14			
28			

Fuente: Elaboración propia

2.2. Población y muestra

Población: conjunto de probetas cilíndricas con un diseño de mezcla $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

Muestra: Está constituida por 27 probetas de concreto que conforman en total, de la siguiente manera:

9 probetas de control que se realizó con un diseño convencional y evaluadas por el ensayo a compresión a los 7, 14 y 28 días.

9 probetas de experimentación donde se sustituyó 15% de cemento por la combinación de arcilla (3.75%) y cal (11.25%) evaluadas por el ensayo a compresión a los 7, 14 y 28 días.

9 probetas de experimentación donde se sustituyó 25% de cemento por la combinación de arcilla (6.25%) y cal (18.75%) evaluadas por el ensayo a compresión a los 7, 14 y 28 días.

2.3. Técnica e instrumentos

Las técnicas de estudio se llevaron a cabo mediante la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta.

Tabla N° 4: Técnica e instrumento

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

Fuente: Elaboración propia

2.4. Procesos y análisis de datos

Recolectada la información, su procesamiento es ejecutado en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS v21.

Para ser ejecutados el análisis de los datos se tomaron en cuenta:

- Cálculo de la dosificación para el diseño de mezcla de concreto con la sustitución de cal y arcilla en distintos porcentajes.
- Representación de los resultados obtenidos mediante tablas, gráficos, porcentajes, promedios y una prueba de ANOVA para verificar la hipótesis.

III. RESULTADOS

3.3. DISEÑO DE MEZCLA

La obtención de las cantidades de materiales para la elaboración de los especímenes de concreto se realizó mediante el diseño de mezcla establecido por el Instituto Americano del Concreto (ACI), habiéndose realizado previamente el estudio de agregados, cuyos resultados se resumen a continuación:

3.3.1. PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO

- a) Contenido de Humedad: 0.61%, correspondiente al momento de la preparación del concreto.
- b) Porcentaje de absorción: 0.68%
- c) Peso específico de masa: 2.72 T/m³
- d) Peso unitario suelto: 1384 Kg/m³
- e) Peso unitario compactado: 1484 Kg/m³
- f) Granulometría:

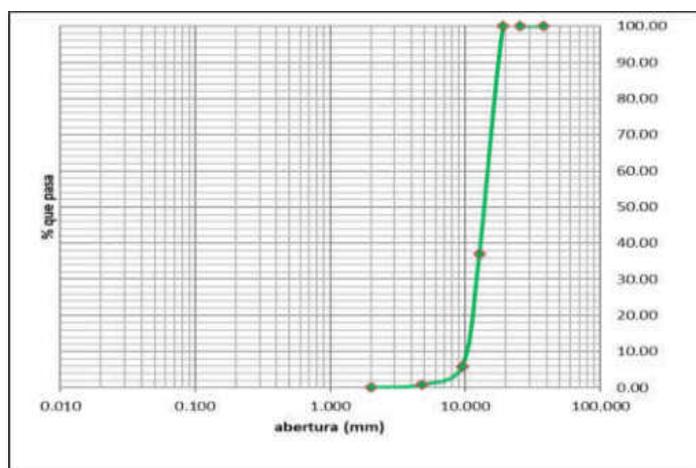


Figura N° 9: Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Laboratorio de suelos usp

3.3.2. PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO

- a) Contenido de Humedad: 3.25%, correspondiente al momento de la preparación del concreto.
- b) Porcentaje de absorción: 1.27%
- c) Peso específico de masa: 2.62 T/m³
- d) Peso unitario suelto: 1628 Kg/m³
- e) Peso unitario compactado: 1752 Kg/m³
- f) Granulometría:

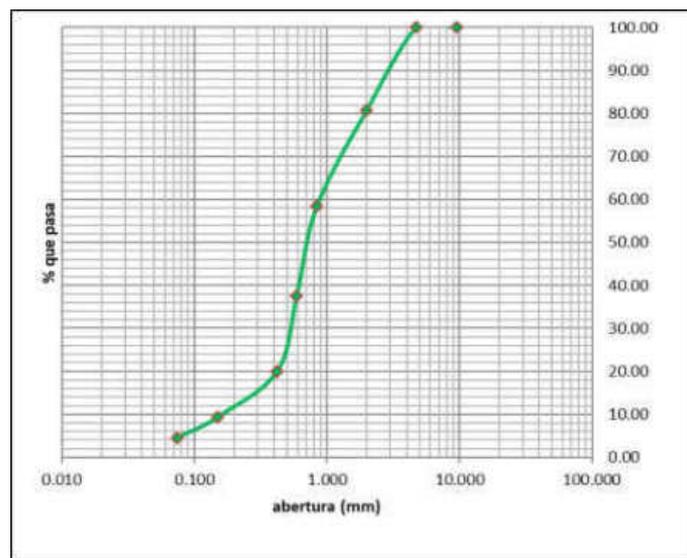


Figura N° 10: Curva granulométrica del agregado Fino

Fuente: Laboratorio de suelos de la usp

El módulo de fineza determinado mediante el análisis granulométrico es de 3.00, debido a que para el diseño de mezcla por el método del ACI, la tabla para determinar el peso del agregado grueso admite valores de hasta 3.00 para el módulo de fineza del agregado fino, se considerará como 3.00 por ser mínima la variación.

3.3.3. CANTIDAD DE MATERIALES PARA CALCULAR EL CONCRETO PATRON

La cantidad de cemento, agua, agregado grueso y agregado fino por metro cubico de concreto para un $f'c=210$ Kg/cm², es el que se muestra a continuación:

Cemento:	299.71 Kg/m ³
Agua:	185.52 L/m ³
Agregado fino:	1013.24 Kg/m ³
Agregado grueso:	835.47 Kg/m ³

La cantidad de materiales para 9 probetas

Cemento:	18.03 Kg
Agua:	11.16 Kg
Agregado fino:	60.95 Kg
Agregado grueso:	50.26 Kg

3.3.4. CANTIDAD DE MATERIAL PARA MI CONCRETO EXPERIMENTAL

Las cantidades de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua para la preparación del concreto fueron determinados mediante el diseño de mezcla por el método del ACI, a partir de ello se pudo determinar las cantidades de arcilla y cal de acuerdo a los porcentajes de sustitución establecidos mediante cálculos aritméticos simples, los cálculos correspondientes al diseño de mezcla se anexan en el apartado VIII del presente.

A continuación se muestra la cantidad de materiales para cada combinación de cemento, cal y arcilla:

La cantidad de materiales para 9 probetas en la combinación del 15% de arcilla (3.75%) y arcilla (11.25%).

Cemento:	15.33 Kg
Agua:	11.16 Kg
Agregado fino:	60.95 Kg
Agregado grueso:	50.26 Kg
Arcilla:	0.68 Kg
Cal:	2.03 Kg

La cantidad de materiales para 9 probetas en la combinación del 25% de arcilla (6.25%) y arcilla (18.75%).

Cemento:	13.52 Kg
Agua:	11.16 Kg
Agregado fino:	60.95 Kg
Agregado grueso:	50.26 Kg
Arcilla:	1.13 Kg
Cal:	3.38 Kg

3.4. ALCALINIDAD DE CONGLOMERANTES

Habiéndose realizado las pruebas de laboratorio se determinó que todas las combinaciones establecidas presentaban la alcalinidad mínima requerida para ser empleado en la elaboración del concreto.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los resultados del ensayo realizado en los laboratorios de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, los resultados se anexan en el apartado VII del presente.

Tabla N° 5: pH del Cemento, cal, arcilla y combinaciones

Muestra	pH	Calificación
Cemento	12.40	Extremadamente Alcalino
Arcilla	4.83	Ligeramente Alcalino
Cal	11.67	Extremadamente Alcalino
Cemento + 15% de Arcilla y Cal	12.16	Extremadamente Alcalino
Cemento + 25% de Arcilla y Cal	12.21	Extremadamente Alcalino

Fuente: Ensayo de pH – Lab. UNSAM

3.5. COMPOSICION QUIMICA DE LA CAL

El Proceso de Caracterización de la Cal y Fluorescencia de Rayos X respectivamente, se realizó una secuencia, desde la obtención de la Cal, para que se obtengan las características necesarias: Recolección, Tamizaje, Fluorescencia de Rayos X.

La Recolección de la cal se da de cantera alpamayo del Distrito de Acopampa – Provincia de Carhuaz – Región Ancash.



Figura N° 11: Cal viva

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la composición química de la cal fue necesario realizar el análisis de una muestra por fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), a través de esta prueba se pudo determinar la factibilidad de sustituir al cemento por cal, los aspectos evaluados fueron las cantidades de Óxidos de Calcio y Silicio.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los resultados del ensayo realizado en los laboratorios de la Universidad Mayor de San Marcos, los resultados se anexan en el apartado VIII del presente.

Tabla N° 6: Composición química de la cal a nivel de óxidos

Oxido	Descripción	Concentración % masa
Al_2O_3	Oxido de aluminio	5.799
SiO_2	Oxido de silicio	4.887
SO_2	Dióxido de azufre	0.451
K_2O	Oxido de potasio	0.152

CaO	Oxido de calcio	71.267
TiO	Oxido de titanio	0.234
MnO	Oxidodermanganeso	0.017
Fe ₂ O ₃	Óxido de hierro	0.412
Ni ₂ O ₃	Oxido de níquel	0.008
CuO	Oxido de cobre	0.003
ZnO	Óxido de zinc	0.007
As ₂ O ₃	Trióxido de arsénico	0.018
SrO	Oxido de estroncio	0.224
ZrO ₂	Dióxido de zirconio	0.008

Fuente: Ensayo FRXDE-UNMSM

De la tabla se deduce que la cantidad de óxido de calcio presente en la muestra analizada es el suficiente para catalogar a la cal como un material “cementante”, el cual, al sustituir al cemento en una combinación de 15% y 20% en la preparación de concretos estructurales y no estructurales proporcionara mejoras en la resistencia a la compresión y proporcionara al concreto altas resistencias a tempranas edades de curado.

3.6. COMPOSICION QUIMICA DE LA ARCILLA

La Caracterización de la arcilla por Análisis térmico diferencial (DTA), se realizó una secuencia, desde la obtención de la arcilla, hasta la obtención de la trituration de la arcilla pasada por la malla N° 200, para poder determinarlo mediante el Análisis térmico diferencial (DTA), la temperatura y tiempos adecuados para realizar la calcinación de la arcilla, para que se obtengan las características puzolánico necesarias. La secuencia es la siguiente: Recolección, trituration, Análisis térmico diferencial, calcinación, Tamizado, Fluorescencia de Rayos X.

La Recolección de la arcilla se da en el Distrito de Tarica - Provincia de Carhuaz - Región Ancash, de manera directa.



Figura N°12: Arcilla

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la composición química de la arcilla, al igual que la cal, fue necesario realizar el análisis de una muestra por fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), a través de esta prueba se pudo determinar la factibilidad de sustituir al cemento por cal, los aspectos evaluados fueron las cantidades de Óxidos de Silicio y Calcio.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los resultados del ensayo realizado en los laboratorios de la Universidad Mayor de San Marcos, los resultados se anexan en el apartado VII del presente.

Tabla N° 7: Composición química de la arcilla a nivel de óxidos

Oxido descripción	Concentración % masa	Concentración % de masa
Al ₂ O ₃	Oxido de aluminio	28.606
SiO ₂	Oxido de silicio	61.428
SO ₂	Dióxido de azufre	0.618
K ₂ O	Oxido de potasio	1.271
CaO	Oxido de calcio	0.412
TiO	Oxido de titanio	0.918
MnO	Oxido de manganeso	0.032
Fe ₂ O ₃	Óxido de hierro	5.583
Ni ₂ O ₃	Oxido de níquel	0.014
CuO	Oxido de cobre	0.482
ZnO	Óxido de zinc	0.249
As ₂ O ₃	Trióxido de arsénico	0.013
SrO	Oxido de estroncio	0.030
Y ₂ O ₃	Oxido de itrio	0.003

Fuente: Ensayo FRXDE-UNMSM

De la tabla anterior se deduce que la cantidad de óxido de silicio presente en la muestra analizada es el suficiente para catalogar a la arcilla como un material “puzolánico”, el cual, al sustituir al cemento en una combinación en 15% y 25% en la preparación de concretos estructurales y no estructurales proporcionara mejoras en la resistencia a la compresión

3.7. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial.

a) Concreto patrón: Elaborado con el 100% de cemento calculado en el diseño de mezcla, siendo la resistencia de diseño $f^c=210 \text{ Kg/cm}^2$, se alcanzó una resistencia $f^c=214.30 \text{ Kg/cm}^2$, siendo con ello un 0.98% mayor a lo proyectado. En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de curado.

Tabla N° 8: Resistencia a la compresión de Probetas Patrón

MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA APLICADA (Kgf)	σ (Kg/cm ²)	σ prom. (Kg/cm ²)	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA	CUMPLE
PROBETA PATRON	7	P1-P	15.10	179,08	28580	159.6	160.2	0,7 F'c	76.3%	SI
		P2-P	15.00	176.72	28730	162.6		147 Kg/cm ²		
		P3-P	15.10	179.08	28370	158.4				
	14	P4-P	15.10	179,08	34130	190.6	190.3	0,85 F'c	90.8%	SI
		P5-P	15.20	181.46	34230	188.6		178.5 Kg/cm ²		
		P6-P	15.00	176.72	34050	192.7				
	28	P7-P	15.00	176.72	37860	214.2	214.4	F'c	102.1%	SI
		P8-P	15.10	179.08	38310	213.9		210 Kg/cm ²		
		P9-P	15.10	179.08	38520	215.1				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 09: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón.

Descripción	Edad	F'c Obtenido
	Días	(Kg/cm ²)
Concreto patrón	7	160.2
	14	190.6
	28	214.4

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP

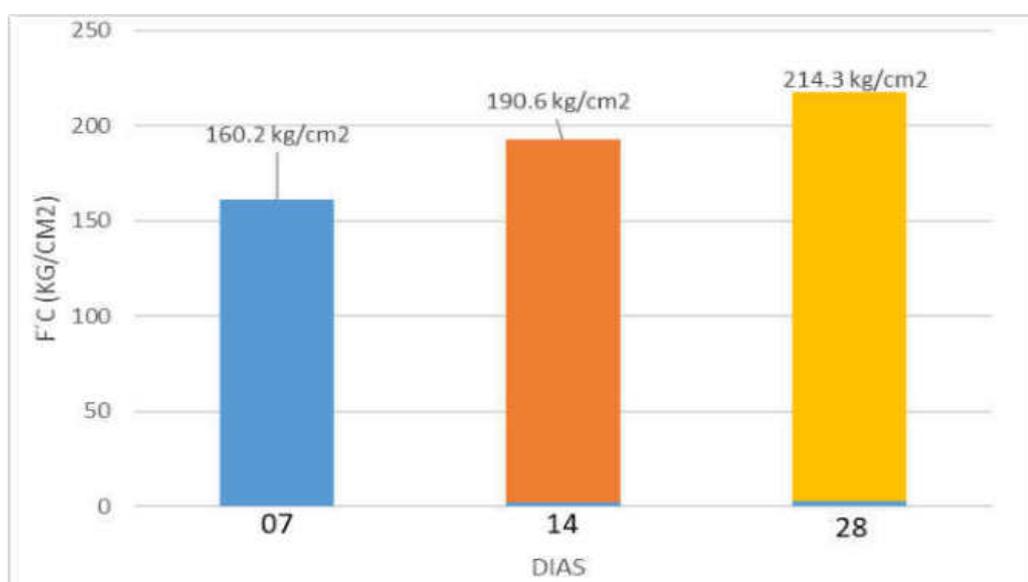


Figura N° 13: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto patrón a los 7,14 Y 28 días de curado

Fuente: Elaboración propia

b) Combinación 1: Elaborado con el 85% de cemento calculado en el diseño de mezcla que sustituye al cemento en una combinación de 15% de (3.75% de arcilla + 11.75% de cal), se alcanzó una resistencia $f'c=218.10$ Kg/cm², siendo 3.80 Kg/cm² mayor al concreto patrón. En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7,14 y 28 días de curado.

Tabla N 10: Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales

MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA APLICADA (Kgf)	σ (Kg/cm ²)	σ prom. (Kg/cm ²)	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA	CUMPLE
COMBINACION DE 15% CON ARCILLA(3.75%) + CAL(11.25 %)	7	P1-P	15.10	179,08	29390	164.1	162.2	0,7 F'c	77.3%	SI
		P2-P	15.20	181.46	28830	158.9		147 Kg/cm ²		
		P3-P	15.10	179.08	29300	163.6				
	14	P4-P	15.00	176,72	34450	194.9	193.8	0,85 F'c	92.3%	SI
		P5-P	15.10	179.08	34680	193.7		178.5 Kg/cm ²		
		P6-P	15.10	179.08	34510	192.7				
	28	P7-P	15.10	179.08	39210	219.0	218.1	F'c	103.9%	SI
		P8-P	15.00	176.72	38520	218.0		210 Kg/cm ²		
		P9-P	15.10	179.08	38920	217.3				

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la combinación 1.

Descripción	Edad Días	F'c Obtenido (Kg/cm2)
Concreto experimental	7	162.2
	14	193,8
	28	218.1

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP

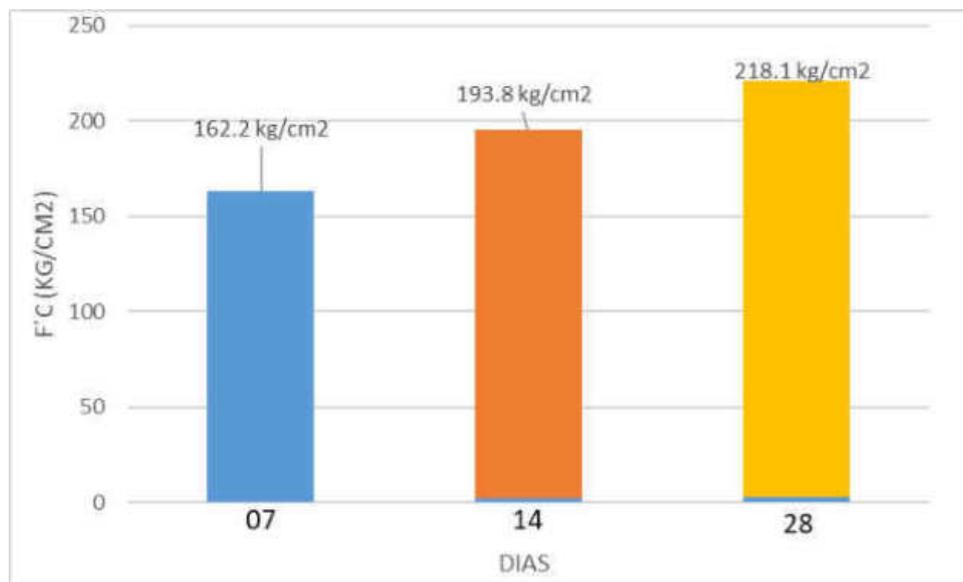


Figura N° 14: Resistencia a la compresión adquirida por la combinación de 15% de arcilla y cal los 7,14 Y 28 días de curado

Fuente: Elaboración propia

c) Combinación 2: Elaborado con el 75% de cemento calculado en el diseño de mezcla que sustituye al cemento en una combinación de 25% de (6.25% de arcilla + 18.75% de cal), se alcanzó una resistencia $f'c=209.10 \text{ Kg/cm}^2$, siendo 5.2 Kg/cm^2 menor al concreto patrón. En el cuadro siguiente se aprecia las resistencias obtenidas a los 7,14 y 28 días de curado.

Tabla N° 12: Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales

MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA APLICADA (Kgf)	σ (Kg/cm ²)	σ prom. (Kg/cm ²)	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA	CUMPLE
COMBINACION DE 25% CON ARCILLA(6.25%) + CAL(18.75%)	7	P1-P	15.00	176.72	24780	140.2	139.5	0,7 F'c	66.4%	NO
		P2-P	15.10	179.08	24440	136.5		147 Kg/cm ²		
		P3-P	15.00	176.72	25050	141.8				
	14	P4-P	15.10	179.08	28810	160.9	162.8	0,85 F'c	77.5%	NO
		P5-P	15.00	176.72	29150	165.0		178.5 Kg/cm ²		
		P6-P	15.20	181.46	29490	162.5				
	28	P7-P	15.10	179.08	37300	208.3	209.1	F'c	99.6%	NO
		P8-P	15.00	176.72	37060	209.7		210 Kg/cm ²		
		P9-P	15.00	176.72	36980	209.3				

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13: Resistencia a la compresión adquirida por el concreto experimental de la combinación 2.

Descripción	Edad Días	F'c Obtenido (Kg/cm2)
Concreto experimental	7	139.5
	14	162.8
	28	209.1

Fuente: Ensayo de compresión axial – Lab. USP

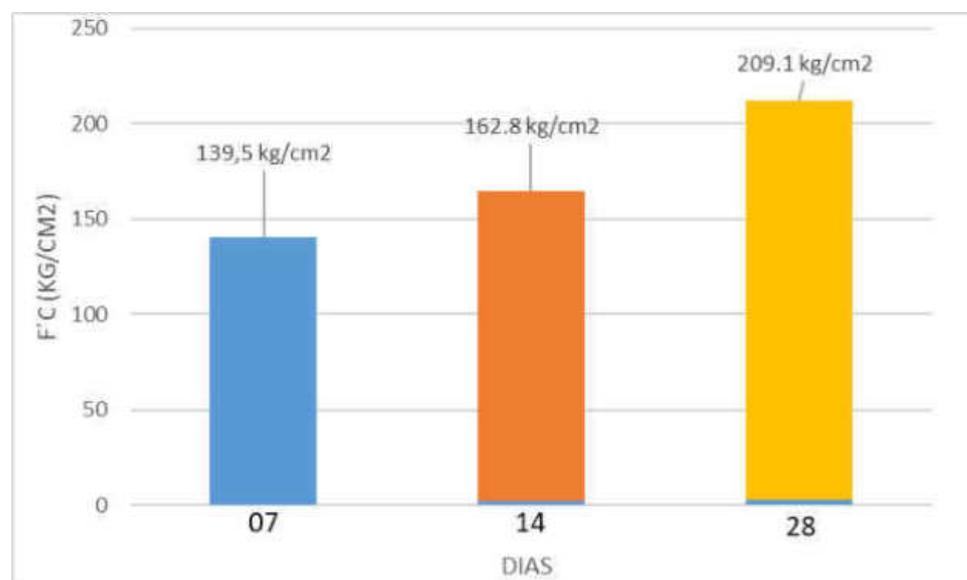


Figura N° 15: Resistencia a la compresión adquirida por la combinación de 15% de arcilla y cal a los 7,14 Y 28 días de curado

Fuente: Elaboración propia

Prueba De Hipótesis: Se usó el Programa SPSS v21. En el cual se evaluaron las edades de 7,14 y 28 días, considerando 3 tipos de concreto evaluados: Concreto control o patrón, es el concreto sin sustitución alguna, Concreto reemplazando el 15% del Cemento por una combinación de Arcilla más Cal y Concreto reemplazando el 25% del Cemento por una combinación de Arcilla y Cal. Además, se tomó los siguientes factores tales como: Factores a la edad de rotura, Tipo de concreto y Resistencia a la compresión.

En lo correspondiente a la estadística, se usó el análisis de la varianza ANOVA, la cual es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas. La hipótesis definida para esta evaluación, está de acuerdo a los factores antes ya definidos, tales como los tipos de concreto (Patrón y experimental) y edad de rotura (7, 14 y 28 días), de acuerdo a dicha descripción la prueba ANOVA.

Tomando como referencia la tabla, en la que se muestran las resistencias promedias de acuerdo a la edad de rotura:

Tabla N° 14: Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal

Días de curado	Patrón	Combinación 1 al 15%	Combinación 2 al 25%
7	160.2	162.2	139.5
14	190.6	193.8	162.8
28	214.3	218.1	209.1

Fuente: Resultado de ensayos del laboratorio de la USP

Y después de verificar el cumplimiento de los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de varianzas de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento (sustitución de dos porcentajes de cemento, por ceniza de hoja de eucalipto y Cáscara de huevo) se procedió a realizar la prueba ANOVA. Se realizó el cálculo para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.

Tabla N° 15: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sustitución	519.764	2	252.876	7.324	0.044
Días de curado	1090.360	2	558.122	14.874	0.011
Error	142.815	4	33.698		
Total	1752.939	8			

Fuente: Resultados de ensayos en laboratorio de la USP

En la tabla anterior se puede visualizar que el $p\text{-value} < \alpha$ ($0.044 < 0.050$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (H_0 : Resistencias medias iguales).

Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en las probetas de la muestra patrón (sin sustitución), la muestra con sustitución de cemento en 15% por la combinación de arcilla más cal (experimental) y la muestra con sustitución de cemento en 25% por la combinación de arcilla y cal (experimental), no son iguales. Siendo mayor la resistencia a la compresión en las probetas experimentales con sustitución de 15% de cemento.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($0.011 < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencias de los días de curado.

Se puede indicar de acuerdo a la prueba de hipótesis que, las medias son diferentes respecto al factor la edad, y que aumentan las resistencias de acuerdo al tiempo y con las condiciones de curado adecuadas para las probetas de concreto. De acuerdo al tipo de concreto con y sin sustituciones, se obtuvo que las probetas de concreto con sustituciones logran las mayores resistencias a la compresión. Para las resistencias mínimas de concreto de acuerdo a sus edades, en las probetas patrón y experimentales en las edades distintas se logró superar el mínimo esperado. Tomando como las más importantes las de los 28 días. Mediante la prueba ANOVA, a los 28 días indican la resistencia de las probetas de concreto aumenta si se reemplaza al cemento 15% (3.75% de arcilla + 11.25% de cal) y 25% (6.25% de arcilla + 18.75% de cal). Lo cual comprueba que al usarlos en una sola sustitución se logran resultados esperados, tanto como las sustituciones individuales, vistas en los trabajos antecedentes.

IV. ANALISIS Y DISCUSION

4.1. ANALISIS DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS DE LA ARCILLA Y LA CAL

Se realizó el proceso de Activación (ATD) y Caracterización de la Arcilla.

De la investigación se puede confirmar que el uso de la Arcilla de acuerdo a los antecedentes es apropiado, puede ser usado e incluso supera, según los ensayos, lo esperado, al ser usado como componente de los nuevos concretos. En este caso la Arcilla fue obtenido en el Distrito de Tarica, Provincia de Carhuaz de la Región Ancash, su uso puede ser procesado mediante molido y trituración con herramientas manuales, no habiendo diferencia al ser procesados para obtener concretos nuevos.

El ensayo de Fluorescencia de Rayos X, realizado con el fin de conocer el contenido y porcentaje de óxidos de la muestra de cáscara de arcilla molida, en el cual se obtuvo el resultado de la Tabla 13. Conociendo el contenido de óxidos, se analizaron los datos de interés y favorables a la mezcla para el concreto al tener un porcentaje de Óxido de Calcio (CaO) de forma mayoritaria siendo un 85.43%, lo cual es adecuado en términos de contenido que favorecen a la sustitución. Asimismo, un 6.55% de trióxido de aluminio (Al₂O₃) el cual también es idóneo para la sustitución.

Se hace referencia en la tabla 16, el comparativo entre el contenido de óxidos presentes en tesis anteriores frente a la actual y el cemento Portland.

Tabla N° 16: Comparación de la composición química entre Cemento y Arcilla de anteriores tesis y actual.

Composición	Cemento Portland	Cruz – Actual	Vazques –
Química	(%)	(%)	Chimbote (%)

CaO	61 - 67	-----	-----
SiO ₂	20 - 27	61.43	60.44
Al ₂ O ₃	4 - 7	28.71	26.66
Fe ₂ O ₃	2 - 4	5.58	4.90
SO ₃	1 - 3	-----	-----
MgO	1 - 5	-----	-----
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 - 1.5		
TOTAL	100	95.720	92.856
CEMENTANTE			

Fuente: Elaboración propia.

Discusión:

Como podemos observar Óxido de Silicio (SiO₂) es de 95.720% que supera al cemento que contiene un entre 20% y 27%, al igual que la investigación de Vazques que muestra similar contenido de 89.856% componentes apropiados. Puedo determinar que aportara convenientemente ante la sustitución ya que los demás componentes son de bajo porcentaje, pero favorables porque aportan a las propiedades del cemento.

También se realizó el proceso de Activación y Caracterización de la Cal.

De la investigación se puede confirmar que el uso de la Cal de acuerdo a los antecedentes es apropiado, puede ser usado e incluso supera, según los ensayos, lo esperado, al ser usado como componente de los nuevos concretos que están en la vida diaria. En este caso la Cal fue obtenido en la Cantrera “Alpamayo”, Distrito de Acopampa, Provincia de Carhuaz de la Región Ancash, su uso puede ser procesado mediante molido y trituración en la Cantera “Alpamayo” con herramientas de fábrica. El ensayo de Fluorescencia de Rayos X, realizado con el fin de conocer el contenido y porcentaje de óxidos de la muestra de cal.

Conociendo el contenido de óxidos, se analizaron los datos de interés y favorables a la mezcla para el concreto al tener un porcentaje de Óxido de Calcio (CaO) de forma mayoritaria siendo un 85.43%, lo cual es adecuado en términos de contenido que

favorecen a la sustitución. Asimismo, un 6.55% de trióxido de aluminio (Al_2O_3) el cual también es idóneo para la sustitución.

Se hace referencia en la tabla 17, el comparativo entre el contenido de óxidos presentes en tesis anteriores frente a la actual y el cemento Portland.

Tabla N° 17: Comparación de la composición química entre Cemento y Cal de anteriores tesis y actual.

Composición Química	Cemento Portland (%)	Cruz – Actual (%)	Pozo – Chimbote (%)
CaO	61 - 67	85.43	84.35
SiO ₂	20 - 27	5.79	4.65
Al ₂ O ₃	4 - 7	6.55	5.99
Fe ₂ O ₃	2 - 4	0.49	0.50
SO ₃	1 - 3	-----	-----
MgO	1 - 5	-----	-----
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 - 1.5		
TOTAL CEMENTANTE	100	98.26	95.49

Fuente: Elaboración propia.

Discusión:

Como podemos observar el mayor componente está conformado por Óxido de Calcio en un 85.43% que aporta como propiedades del cemento, a su vez contiene también en buenos porcentajes de Dióxido de Silicio en 5.79% y Trióxido de Aluminio 6.55%. Se puede inferir que a nivel de Ancash, el contenido de óxido de calcio es elevado tal como lo demostró Pozo (2014) en su investigación el cual obtuvo un 84.35% de Oxido de calcio en su muestra de cala viva.

Al determinar el Potencial Hidrógeno para las muestras de la arcilla a 540° al 100%, denominada Muestra de Análisis Térmico Diferencial (ATD); para la muestra de la

Cal viva al 100%; para la muestra de Cemento Sol tipo I al 100% denominada Cemento; para la muestra de combinación de 85% de cemento (Sol Tipo I) y 15% de la combinación (Arcilla 3.75% + Cal 11.25%), para la muestra de combinación de 75% de cemento (Sol Tipo I) y 25% de la combinación (Arcilla 6.25% + Cal 18.75%).

Lo que indica que las muestras son altamente alcalinas, inicialmente la Arcilla al tener un Ph de 4.83 y la cal al tener un Ph de 11.67; pero el Ph de las mezclas es similar siendo de 12.16 y 12.21 al 15% y 25% respectivamente. De acuerdo a la información de la tabla 16, el Ph de Cemento es 12.40, se concluye que se tiene un PH similar y adecuado para ser trabajados en la investigación, debido a que no alterara el proceso de hidratación.

La relación agua-cemento es definida como la relación entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del concreto fresco. La finalidad de determinar la Relación Agua-Cemento es optimizar los agregados para obtener un buen desempeño en la mezcla, de modo general para todo diseño de mezcla.

Al realizar las roturas de las muestras patrón y experimental de las probetas, podemos determinar su validez, de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, nos dice sobre el concreto, que las muestras son aceptables si cumplen la condición de que el promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a $f'c$., para este caso $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ y además cumplir que resultado del ensayo, individual, de resistencia, sea menor en más de 3.5 MPa cuando $f'c=35$ MPa o menor, o en más de 0.1 $f'c$ cuando es mayor a 35 MPa. Siguiendo estos parámetros de realizaron las roturas. Se encontró que las resistencias promedias superan las resistencias esperadas en probetas patrones y experimentales, lo que sugiere que la dosificación establecida es adecuada, es recomendable continuar investigaciones con dicha proporción.

Los ensayos de compresión de las probetas de concreto fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, a través de ello se

pudo obtener diferentes resistencias a la compresión que se vieron diferenciados por las cantidades de porcentajes de arcilla y cal que sustituían al cemento en una combinación de 15% y 25%.

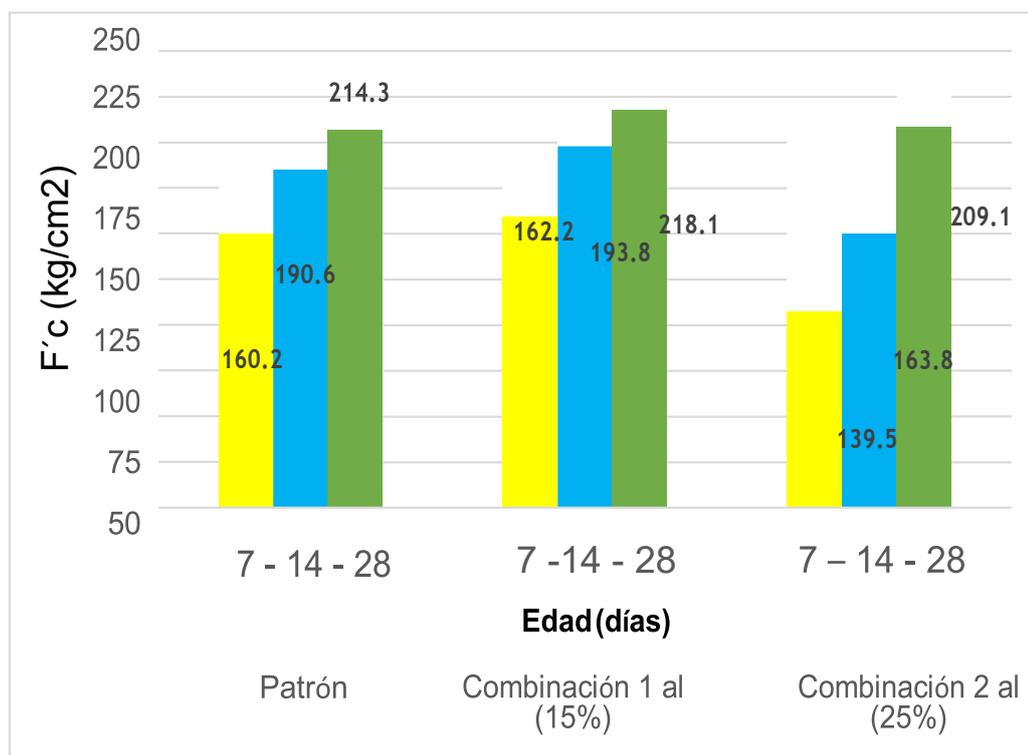


Figura N° 16: Gráfica de las Resistencias a la compresión promedio a las edades de 7, 14 y 28 días, comparando las probetas patrón y los experimentales

Fuente: Elaboración Propia

Las resistencias a la compresión resultantes de este trabajo investigativo reportan semejanzas con otros autores en distintos contextos, por lo cual se puede decir que sí es posible implementar las prácticas de elaboración y producción de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con Arcilla y Cal, tanto en el ámbito local y regional, siempre y cuando se establezca rigurosamente los análisis de las características de los materiales empleados. Nótese que la tendencia de aumento de las resistencias es proporcional a las edades de 7, 14 y 28 días (Grafico 05).

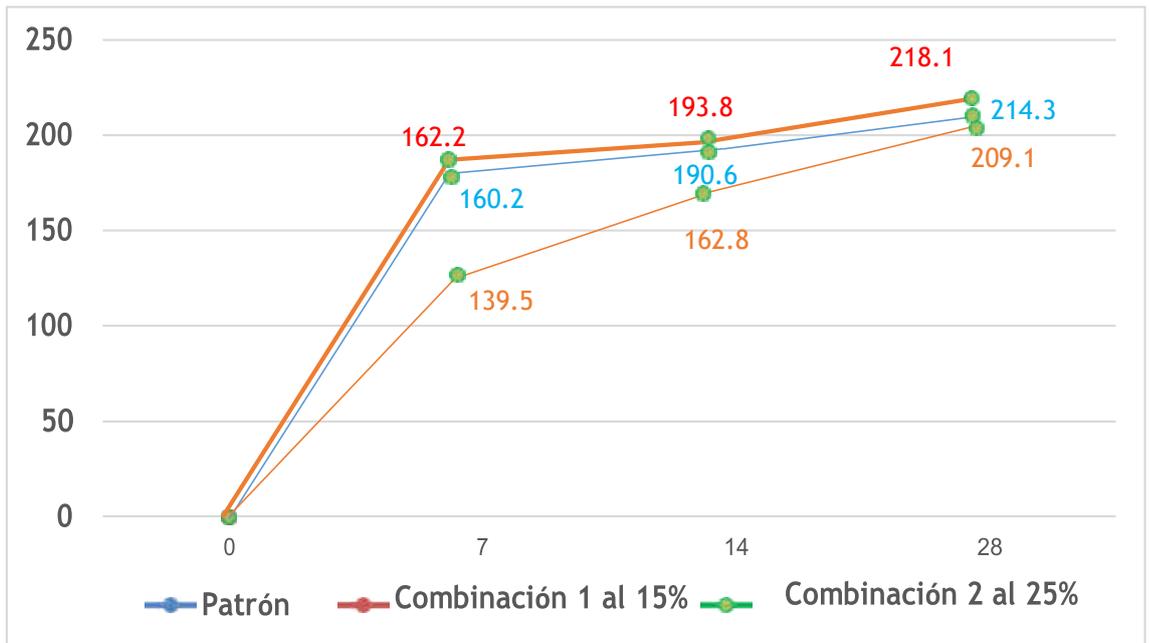


Figura N° 17: Gráfica de tendencia de las Resistencias a la Compresión promedio a los 7, 14 y 28 días, comprando las probetas patrón y los experimentales

Fuente: Elaboración Propia

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Habiéndose determinado la alcalinidad de los conglomerantes (Cemento, cal y sus combinaciones), se ha encontrado que el máximo es de 12.21 correspondiente a la combinación del 25%.
- De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis FRXDE, mediante el cual se buscó determinar la composición química a nivel de óxidos de la cal y la arcilla, se puede concluir que ambos conglomerantes poseen propiedades cementantes, esto por el alto contenido de Oxido de calcio (98.6% en relación al peso total de una muestra en el caso de la cal) y oxido de silicio (95.72% también en relación al peso total de una muestra de arcilla en el caso de la arcilla), óxidos de los que se está conformado el cemento.
- Se pueden definir como “combinación óptima de sustitución” a la combinación 2, el cual proporciona resistencia de 218.10 kg/cm² respectivamente, encontrándose bastante cercanos a la resistencia proporcionada por el concreto patrón que fue de 214.03 Kg/cm².
- De todas las combinaciones analizadas, se comprobó que la mayor resistencia a la compresión la proporciona la combinación 2 que sustituye al cemento en la combinación de 15% de arcilla (3.75%) y cal (11.25%), alcanzando esta un $f'c = 218.10 \text{ Kg/cm}^2$.
- La menor resistencia a la compresión la proporciona la combinación 3 que sustituye al cemento por la combinación del 25% de arcilla (6.25%) y cal (18.75) respectivamente, alcanzando un $f'c=209.1 \text{ Kg/cm}^2$, motivo por el cual no se recomienda su utilización.
- Habiéndose realizado la evaluación de los resultados obtenidos en los antecedentes y en la presente investigación, se concluye que se puede realizar sustituciones de arcilla y cal por cemento en porcentajes inferiores a 15% por que contiene diferentes propiedades puzolanicos como el silicio y el calcio.

- Habiéndose realizado la evaluación de los resultados obtenidos en los antecedentes y en la presente investigación, se concluye que no se puede realizar sustituciones de arcilla y cal por cemento en porcentajes superiores al 25%, esto debido que a partir de dicho porcentaje las resistencias tienden a disminuir conforme se aumente la concentración de arcilla y cal, esta conclusión se enmarca al uso de la arcilla de la ciudad de Tarica – Huaraz.
- Es factible la utilización de la cal de la ciudad de Acopampa - Carhuaz y la arcilla de la Ciudad de Tarica – Carhuaz para sustituir al cemento en la elaboración del concreto, tal como también la combinada.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de la cal y la arcilla como conglomerante que sustituya al cemento en la preparación de concretos estructurales, en especial en porcentajes de combinación del 15% de cal (3.75%) y arcilla (11.25%) respectivamente.
- Se recomienda a los futuros tesisistas realizar investigaciones para determinar el porcentaje máximo de cal que podría sustituir al cemento para la obtención de un concreto con la resistencia de diseño, esto debido a que con el presente y con investigaciones anteriores no se ha determinado aún dicho porcentaje y su determinación significaría un aporte significativo en la construcción mediante la reducción de costos en la fabricación del concreto.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (2010). *Tecnología del Concreto*. Perú: Editorial San Marcos.
- Bustillo, M. (2001). *Rocas industriales, tipología, aplicaciones en la construcción*. Madrid, España, recuperado de <https://www.casadellibro.com/libro-rocas-industriales3a-tipologia-aplicaciones-en-la-construccion-y-empresas-del-sector/9788492312832/795459>.
- Chinen, K. (2002). *Factibilidad y estudio de las propiedades del concreto de baja resistencia adicionado con cal*. Tesis para obtener título profesional de ingeniería civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú, recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4323>.
- Corría, L. (2018). *Los beneficios de la arcilla*. Cuba, recuperado de <https://www.ecured.cu/Arcilla>.
- López, E. (2010). *Diseño de mezclas*. Lima, Perú: Imprenta Williams E.I.R.L.
- Pozo, E. (2014). *Resistencia a la compresión del concreto usando cal como aditivo en Huaraz – 2014*. Tesis para obtener título profesional de ingeniería civil. Universidad San Pedro, Huaraz – Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/368>.
- Rivera, G. (2013). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: Omega editores.

Sánchez, D. (2013). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Colombia: Bhandar Editores.

Tobón, J y Gómez, R (2008). *Desempeño del cemento pórtland adicionado con calizas de diferentes grados de pureza*. Colombia: Imprenta Revista Dyna.

Vásquez, J. (2016). *Resistencia en concreto con cemento sustituido en un 5% y 7% por arcilla de Carhuaz - Ancash*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad San Pedro, Chimbote – Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/368>.

Zúñiga, J. (2017). *Resistencia a la compresión de un concreto sustituido el cemento en 5% por arcilla en el distrito de Macate* (tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil). Universidad San Pedro. Chimbote – Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/368>.

VII. ANEXOS Y APENDICE

PANEL FOTOGRAFICO



Foto N° 1: Cantera de agregados Rolan - Tacla – Huaraz

Fuente: Elaboración propia

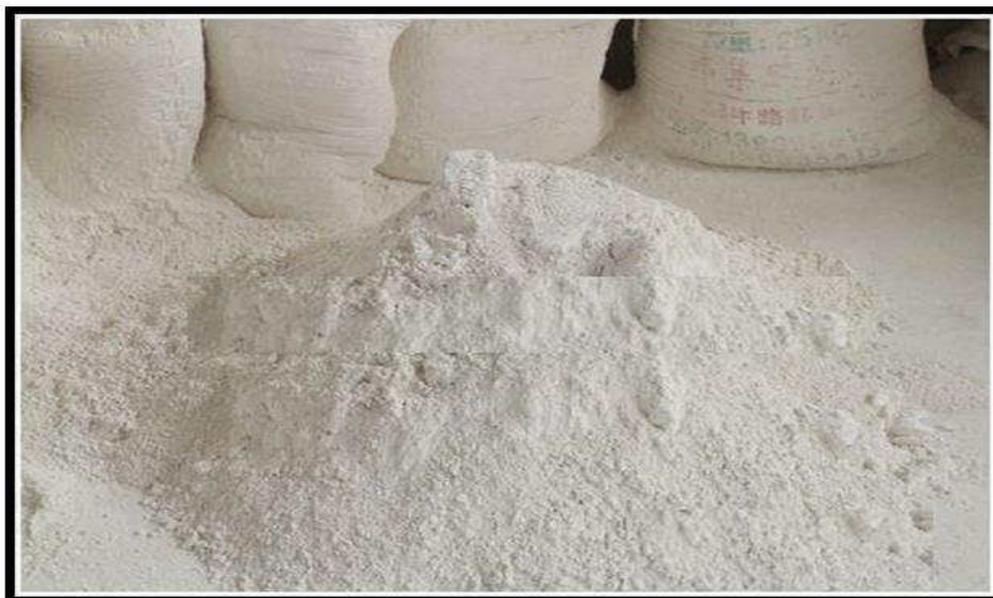


Foto N° 2: Cantera Alpamayo - Acopampa - Carhuaz

Fuente: Elaboración propia

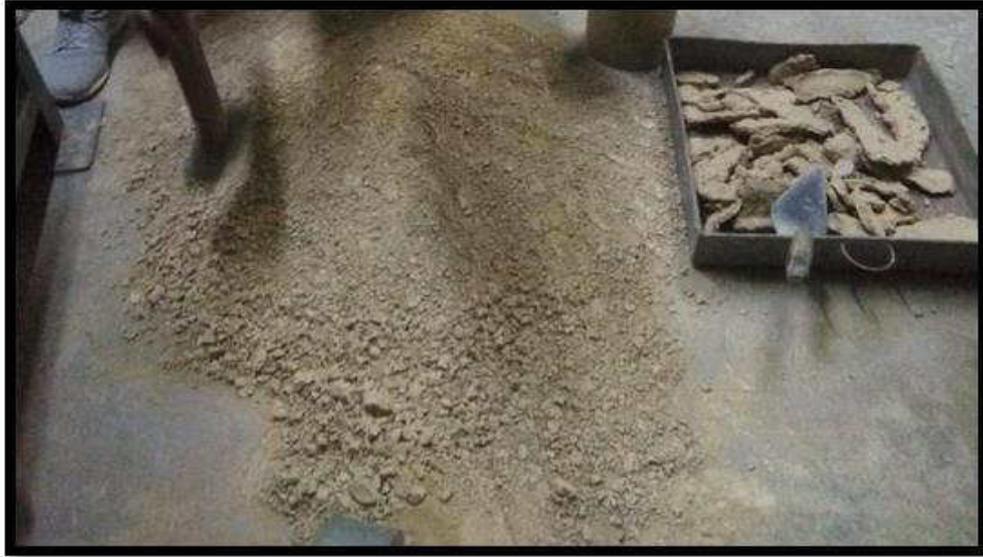


Foto N° 3: recolección de la arcilla del distrito de Tarica – Huaraz

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 4: Analisis granulometrico de los agregados

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 5: Analisis granulometrico de los agregados

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 6: Limite liquido y limite plastico de la arcilla

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 7: Peso específico del cemento y la combinación 1

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 8: Peso específico del cemento y la combinación 2

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 9: Trituración de la arcilla calcinada

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 10: Combinación de cemento + cal y arcilla

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 11: Final de colocado de concreto

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 12: Final de colocado de concreto en las probetas

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 13: Concreto endurecido a los 24hrs para poder ser desencofrada

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 14: Desencofrado del concreto

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 15: Curado del concreto

Fuente: Elaboración prop



Foto N° 16: rotura con la prensa de carga axial

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 17: Rotura de probeta a compresión

Fuente: Elaboración propia



Foto N°18: Falla del concreto después de ser sometido a la resistencia a compresión

Fuente: Elaboración propia

ANEXOS



Informe N°018-LAQ/2019

Análisis de arcilla por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de arcilla a pedido del Sr. **Cruz Romero, Omar Joel**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia a Compresión de un Concreto $F'_{C} = 210 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal.”

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

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μA . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6760 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Na ($Z=11$) y 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 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 arcilla. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. 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. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Luego, estos porcentajes son normalizados a 100%, Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de la arcilla en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	25.711	28.706
SiO ₂	55.020	61.428
SO ₂	0.554	0.618
K ₂ O	1.138	1.271
CaO	0.370	0.412
TiO ₂	0.912	0.918
V ₂ O ₅	0.029	0.032
Cr ₂ O ₃	0.013	0.014
MnO	0.029	0.032
Fe ₂ O ₃	5.001	5.583
Ni ₂ O ₃	0.013	0.014
CuO	0.431	0.482
ZnO	0.223	0.249
As ₂ O ₅	0.012	0.013
SrO	0.027	0.030
Y ₂ O ₃	0.003	0.003
ZrO ₂	0.019	0.021
BaO	0.065	0.073
PbO	0.009	0.010
Total	89.577	100.00

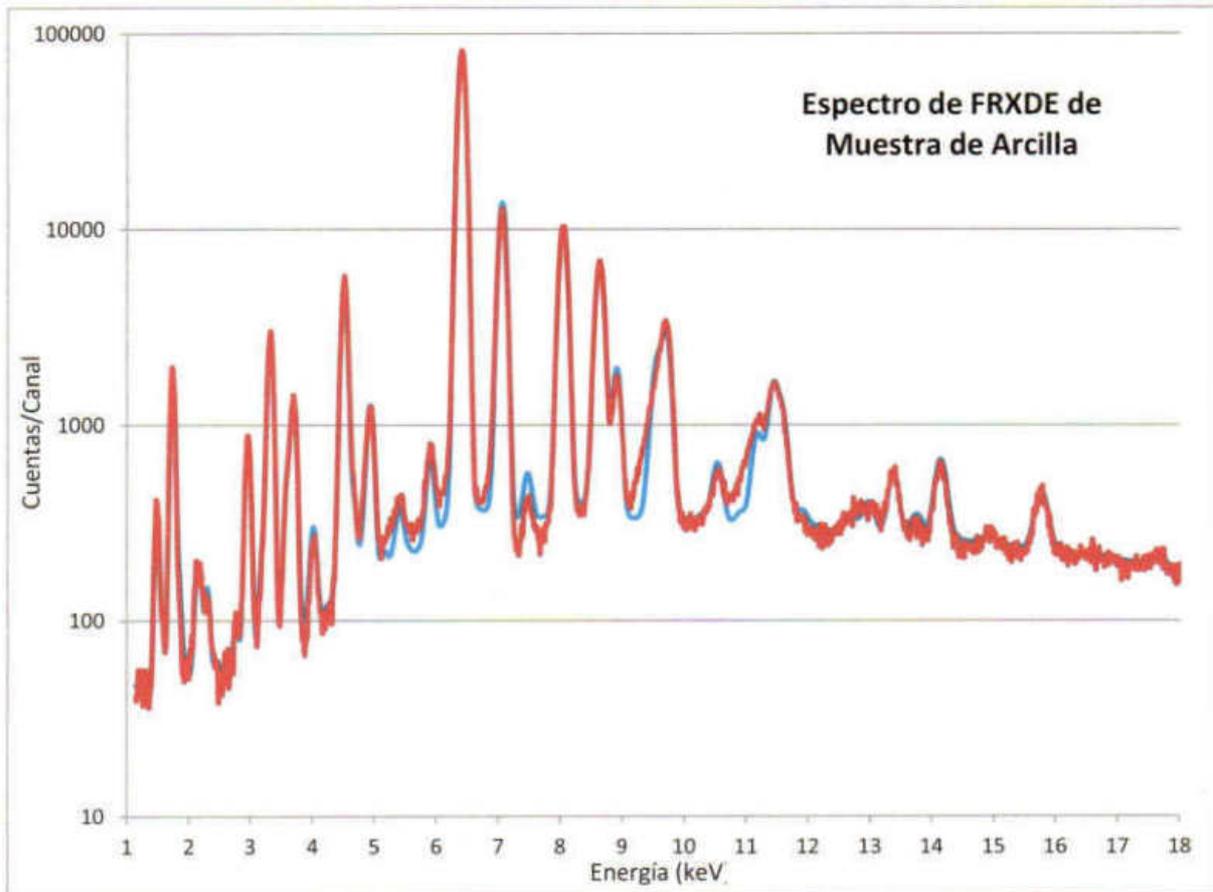


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de arcilla en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 06 de mayo del 2019



Informe N° 022-LAQ/2019

Análisis de Cal por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de arcilla a pedido del Sr. **Cruz Romero, Omar Joel**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia a Compresión de un Concreto $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal.”

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

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μA . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6760 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Na ($Z=11$) y Mg ($Z=12$) no pueden ser registrados en el espectro.

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



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

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

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

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

Resultados.

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

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. 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. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Luego, estos porcentajes son normalizados a 100%, Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de la cal en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	5.799	6.552
SiO ₂	4.887	5.799
SO ₂	0.451	0.541
K ₂ O	0.152	0.182
CaO	71.267	85.434
TiO	0.234	0.281
MnO	0.017	0.021
Fe ₂ O ₃	0.412	0.495
Ni ₂ O ₃	0.008	0.009
CuO	0.003	0.004
ZnO	0.007	0.009
As ₂ O ₃	0.018	0.021
SrO	0.224	0.264
ZrO ₂	0.008	0.009
Total	83.417	100.00

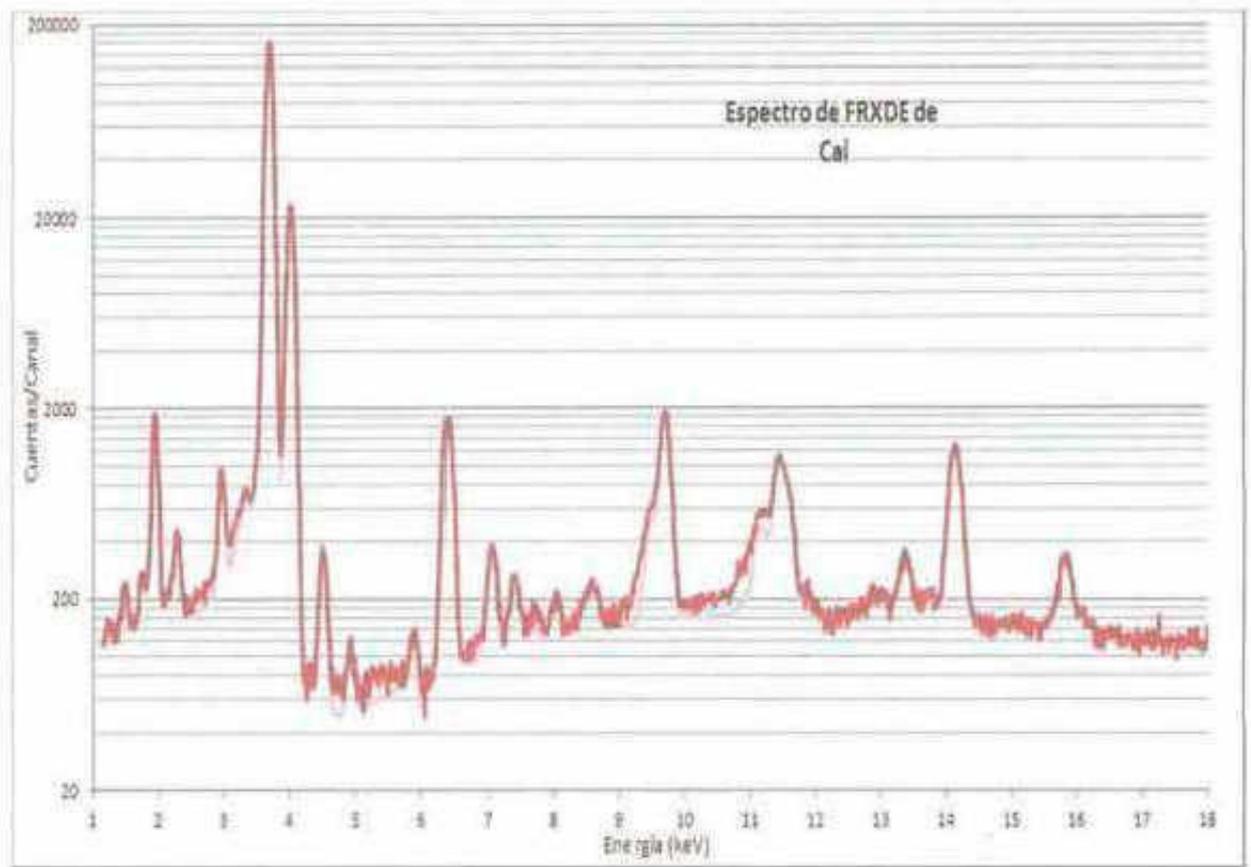


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de cal en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos,
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 06 de mayo del 2019



Trujillo, 03 de mayo del 2019

INFORME N° 03 - MAY-19

Solicitante: Cruz Romero Omar Joel – Universidad San Pedro
RUC/DNI: 76447288
Supervisor:

1. MUESTRA: Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-03M	24.5 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 – 900°C.
- Masa de muestra analizada: 24.5 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



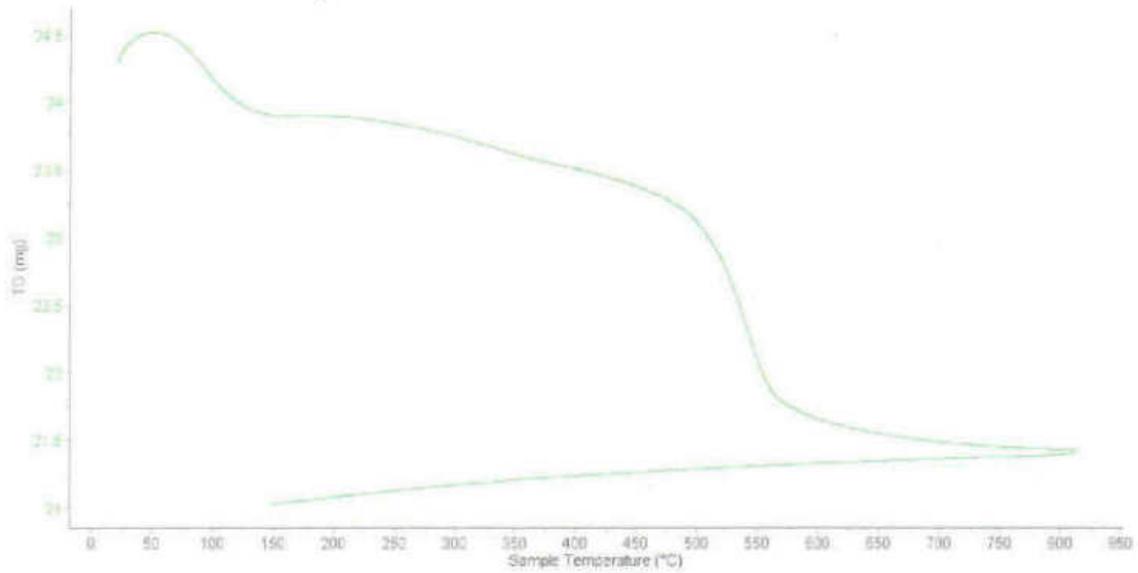


Trujillo, 03 de mayo del 2019

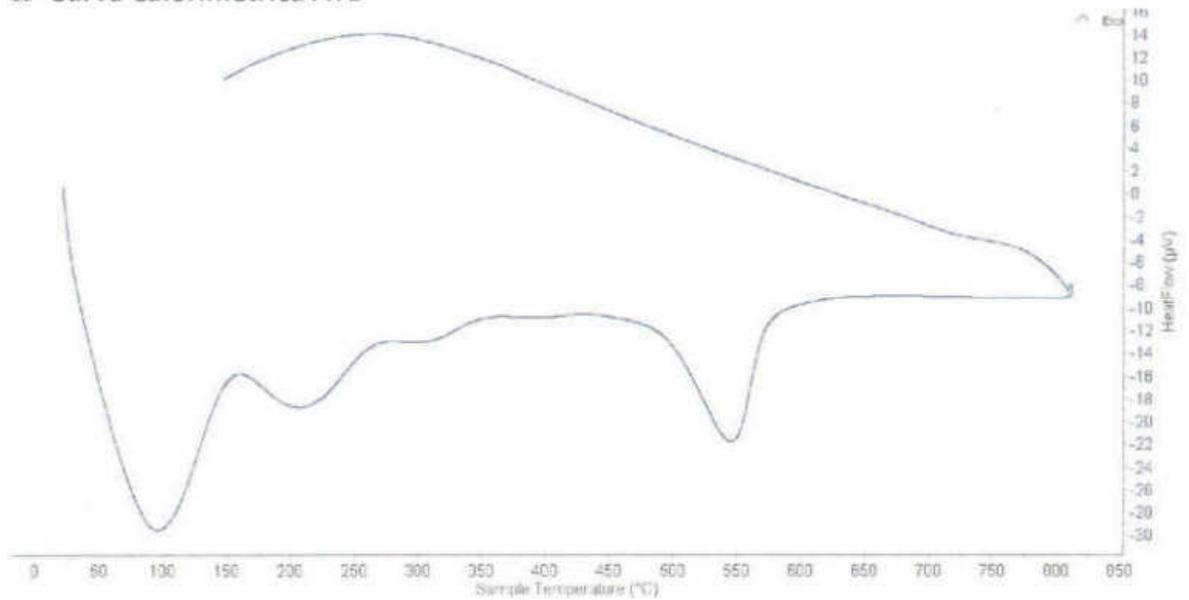
INFORME N° 03 - MAY-19

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



LABORATORIO DE POLÍMEROS U.P.T.U.
JEFATURA
UNAJ
[Signature]



Trujillo, 03 de mayo del 2019

INFORME N° 03 - MAY-19

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes caída del material, la primera entre un rango de 70°C hasta 120°C, posteriormente se muestra una caída más intensa entre el rango de 470 y 560° posteriormente la caída es más leve, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 9 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar una primera banda endotérmica, aproximadamente a 100, luego a 210°C y más adelante un pequeño pico a aproximadamente 550 °C, todas estas temperaturas podrían indicar cambio estructural y cambio en las características en el material.

Trujillo, 03 de mayo del 2019


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



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



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia a la Compresión de un Concreto $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15 % y 25 % de Arcilla y Cal”

TESISTA : Cruz Romero, Omar Joel - Tesista

MUESTRA : Cemento

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 25-04-19

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 26- 04 -19

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 26 - 04 - 19

Muestra	pH
Cemento	12.40

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

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

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 26 de Abril del 2019.





RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia a la Compresión de un Concreto $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15 % y 25 % de Arcilla y Cal”

TESISTA : Cruz Romero, Omar Joel - Tesista

MUESTRA : Arcilla

LUGAR DE MUESTREO: Taricá -Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 25-04-19

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 26- 04 -19

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 26 - 04 - 19

Muestra	pH
Arcilla	4.83

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

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

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como Fuertemente ácida

Huaraz, 26 de Abril del 2019.



[Handwritten Signature]
M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANALISIS
DE SUELOS Y AGUAS



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



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia a la Compresión de un Concreto $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15 % y 25 % de Arcilla y Cal”

TESISTA : Cruz Romero, Omar Joel - Tesista

MUESTRA : Cal

LUGAR DE MUESTREO: Acopampa - carhuaz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 25-04-19

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 26- 04 -19

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 26 - 04 - 19

Muestra	pH
Cal	11.67

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

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

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 26 de Abril del 2019.



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



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



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia a la Compresión de un Concreto $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15 % y 25 % de Arcilla y Cal”

TESISTA : Cruz Romero, Omar Joel - Tesista

MUESTRA : Cemento + 15 % (arcilla+ cal)

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 25-04-19

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 26-04-19

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 26 - 04 - 19

Muestra	pH
Cemento + 15 % (arcilla + Cal)	12.16

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

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

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 26 de Abril del 2019.



[Handwritten Signature]
Ing. M.Sc. **Gustavo Castillo Romero**
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia a la Compresión de un Concreto $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15 % y 25 % de Arcilla y Cal”

TESISTA : Cruz Romero, Omar Joel - Tesista

MUESTRA : Cemento + 25 % (arcilla+ cal)

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 25-04-19

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 26- 04 -19

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 26 - 04 - 19

Muestra	pH
Cemento + 25 % (arcilla + Cal)	12.21

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

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

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 26 de Abril del 2019.



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



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



RESULTADOS DE INSENERACIÓN DE ARCILLA

TITULO DE TESIS: “Resistencia a la Compresión de un Concreto $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15 % y 25 % de Arcilla y Cal”

TESISTA : Cruz Romero, Omar Joel - Tesista

MUESTRA : Arcilla

LUGAR DE MUESTREO: Taricá - Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 11-04-19

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 11- 04-19

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 12-04-19

Muestra	Cantidad Kg.
arcilla	4.00

ENSAYOS

1.- Determinación de Ceniza

OBSERVACIONES:

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

CONCLUSIONES

- Se ha obtenido ceniza propiamente dicha en el Horno Mufla a una temperatura de 54
- 540 °C por 2.5 horas en promedio.

Huaraz, 12 de Abril del 2019.


Ino M. S. Guerrero Castillo Romero
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS	: "Resistencia a la Compresion de un Concreto $F_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"		
SOLICITA	: Bach. Cruz Romero, Omar Joel		
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN	: USP -HUARAZ
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA	: 20/05/2019
PROG. (KM.)	:	ASESOR	:

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO
PROF. (m)	:

AGREGADO FINO					
Nº TARRO		50	42		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1032,5	1014,5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1005,1	987,9		
PESO DE AGUA	(g)	27,40	26,60		
PESO DEL TARRO	(g)	168,80	163,8		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	836,30	824,1		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	3,28	3,23		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	3,25			

AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		15	32		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1160,0	1118,6		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1153,9	1112,9		
PESO DE AGUA	(g)	6,10	5,70		
PESO DEL TARRO	(g)	164,40	165,2		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	989,50	947,7		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0,62	0,6		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0,61			



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

Elizabeth Maza Ambrosio

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
GIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

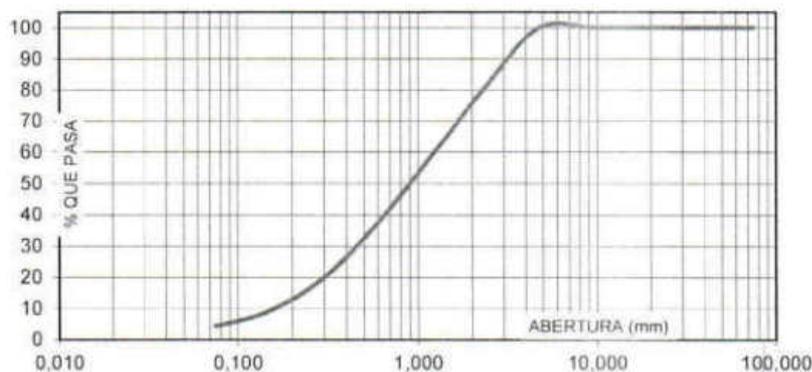
SOLICITA : Bach. Cruz Romero, Omar Joel
TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 20/05/2019 **CANTERA :** ROLAN **MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1958
PESO SECO LAVADO	1869,50
PESO PERDIDO POR LAVADO	88,50

TAMIZ		PESO RETEN (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)				
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 8	2,360	375,50	19,18	19,18	80,82
N° 16	1,180	437,00	22,32	41,50	58,50
N° 30	0,600	410,50	20,97	62,46	37,54
N° 50	0,300	344,00	17,57	80,03	19,97
N° 100	0,150	208,50	10,65	90,68	9,32
N° 200	0,075	94,00	4,80	95,48	4,52
PLATO		88,50	4,52	100,00	0,00
TOTAL		1958,00	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : # 8
 MODULO DE FINEZA : 3
 HUMEDAD : 3,25%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118544
 JEFE



ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

SOLICITA : Bach. Cruz Romero, Omar Joel
TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 20/05/2019 **CANTERA :** ROLAN **MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

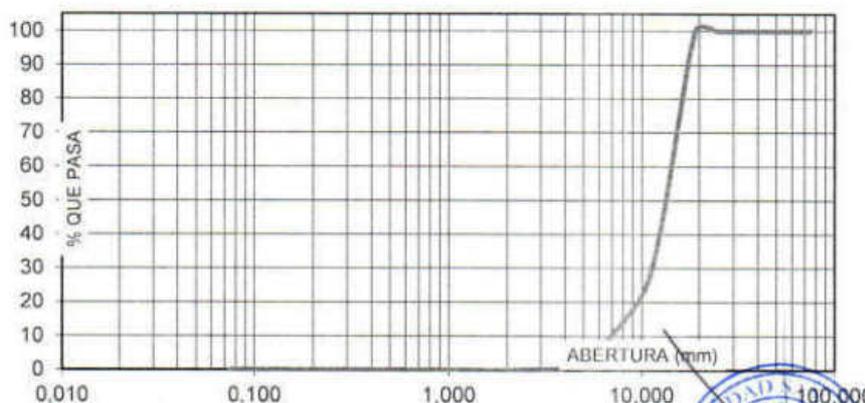
PESO SECO INICIAL	20653,5
PESO SECO LAVADO	20653,50
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ		PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)				
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	12346,50	59,78	59,78	40,22
3/8"	9,500	4235,50	20,51	80,29	19,71
N° 4	4,750	3576,50	17,32	97,60	2,40
N° 8	2,360	495,00	2,40	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		20653,50	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1/2"

HUMEDAD : 0,61%

CURVA GRANULOMETRICA



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : **Bach. Cruz Romero, Omar Joel**
 TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : ROLAN
 MATERIAL : AGREGADO FINO
 FECHA : 20/05/2019

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

300,0	300,0	
679,0	679,0	
979,0	979,0	
863,8	863,8	
115,2	115,2	
296,3	296,2	
111,50	111,40	
1,25	1,28	
1,27		

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

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

PROMEDIO

2,57	2,57	
2,60	2,60	
2,66	2,66	

PROMEDIO

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

2,57
2,60
2,66



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



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : **Bach. Cruz Romero, Omar Joel**
 TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : ROLAN
 MATERIAL : **AGREGADO GRUESO**
 FECHA : 20/05/2019

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

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

1138,5	1168,0	1266,5
719,7	738,2	802,1
418,8	429,8	464,4
1130,6	1156,8	1254,3
410,9	418,6	452,2
0,70	0,97	0,97
0,88		

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

PROMEDIO

2,70	2,69	2,70
2,72	2,72	2,73
2,75	2,76	2,77

PROMEDIO

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

2,70
2,72
2,76



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Cruz Romero, Omar Joel
TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : ROLAN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 20/05/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18140	18145	18150
Peso de molde	5220	5220	5220
Peso de muestra	12920	12925	12930
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1383	1384	1384
Peso unitario prom.	1384 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19070	19078	19105
Peso de molde	5220	5220	5220
Peso de muestra	13850	13858	13885
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1483	1484	1486
Peso unitario prom.	1484 Kg/m3		



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Cruz Romero, Omar Joel

TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"

LUGAR : HUARAZ

CANTERA : ROLAN

MATERIAL : AGREGADO FINO

FECHA : 20/05/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7935	7940	7945
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4515	4520	4525
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1626	1628	1630
Peso unitario prom.	1628 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8280	8283	8285
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4860	4863	4865
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1751	1752	1753
Peso unitario prom.	1752 Kg/m3		



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40

(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

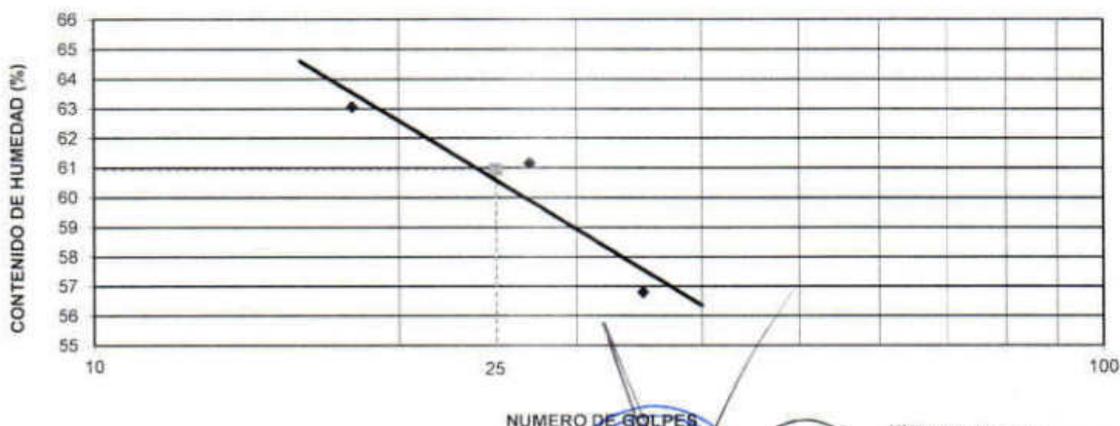
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS:	"Resistencia a la Compresion de un Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"		
SOLICITA:	Bach. Cruz Romero, Omar Joel		
DISTRITO:	HUARAZ	HECHO	USP
PROVINCIA:	HUARAZ	FECHA	20/05/2019
		FORMATO	-

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA :	
MUESTRA :	N° 01 ARCILLA
PROF. (m) :	

LIMITE LIQUIDO					
N° TARRO		20	6	24	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		53,91	59,57	50,33	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		43,52	48,82	41,80	
PESO DE AGUA (g)		10,39	10,75	8,53	
PESO DEL TARRO (g)		27,04	31,24	26,78	
PESO DEL SUELO SECO (g)		16,48	17,58	15,02	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		63,05	61,15	56,79	
NUMERO DE GOLPES		18	27	35	

LIMITE PLASTICO					
N° TARRO		35	32		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		33,98	34,45		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		32,27	32,71		
PESO DE AGUA (g)		1,71	1,74		
PESO DEL TARRO (g)		27,02	27,32		
PESO DEL SUELO SECO (g)		5,25	5,39		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		32,57	32,28		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	60,94
LIMITE PLASTICO	32,43
INDICE DE PLASTICIDAD	28,51

NUMERO DE GOLPES



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO ESPECIFICO

(ARCILLA)

SOLICITA: Bach. Cruz Romero, Omar Joel

TESIS: "Resistencia a la Compresion de un Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"

LUGAR : HUARAZ

CANTERA : -----

MATERIAL : ARCILLA

FECHA: 22/05/2019

PESO DE MATERIAL	500	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	183	gramos ml.

PESO ESPECIFICO	$D = P/V = 500/183$
-----------------	---------------------

PESO ESPECIFICO	2,73
-----------------	------



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO ESPECIFICO

(CAL)

SOLICITA: Bach. Cruz Romero, Omar Joel
TESIS: "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : -----
MATERIAL : CAL
FECHA: 22/05/2019

PESO DE MATERIAL	500	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	227	gramos ml.

PESO ESPECIFICO	$D = P/V = 500/183$
-----------------	---------------------

PESO ESPECIFICO	2,20
-----------------	------



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

PESO ESPECIFICO

(COMBINACION 15%)

SOLICITA: Bach. Cruz Romero, Omar Joel
TESIS: "Resistencia a la Compresion de un Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : -----
MATERIAL : ARCILLA 3,75% + CAL 11,25%
FECHA: 22/05/2019

PESO DE MATERIAL	500	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	165,5	gramos ml.

PESO ESPECIFICO	$D= P/V = 500/165,5$
-----------------	----------------------

PESO ESPECIFICO	3,02
-----------------	------



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

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

PESO ESPECIFICO

(COMBINACION 25%)

SOLICITA: Bach. Cruz Romero, Omar Joel
TESIS: "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : -----
MATERIAL : ARCILLA 6,25% + CAL 18,75%
FECHA: 22/05/2019

PESO DE MATERIAL	500	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	176	gramos ml.

PESO ESPECIFICO	$D= P/V = 500/176$
-----------------	--------------------

PESO ESPECIFICO	2,84
-----------------	------



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. CRUZ ROMERO OMAR JOEL
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 15% Y 25% DE ARCILLA Y CAL.
LUGAR : HUARAZ - PROVINCIA HUARAZ - ANCASH
FECHA : 16/09/2019

ESPECIFICACIONES

La selección de las proporciones se hará empleando el método ACI
 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento

Tipo I "Sol"
 Peso específico 3,15

B.- Agua

Potable de la zona

C.- Agregado Fino CANTERA : "ROLAN-TACLLAN"

Peso específico de masa 2,62
 Peso unitario suelto 1628 kg/m³
 Peso unitario compactado 1752 kg/m³
 Contenido de humedad 3,25
 Absorción 1,27
 Módulo de Fineza 3,00

D.- Agregado Grueso CANTERA : "ROLAN-TACLLAN"

Piedra, perfil angular
 Tamaño Máximo Nominal 3/4"
 Peso específico de masa 2,72
 Peso unitario suelto 1384 kg/m³
 Peso unitario compactado 1484 kg/m³
 Contenido de humedad 0,61
 Absorción 0,68



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

Elizabeth Maza Ambrosio

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plastica, 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 máximo nominal de 3/4" el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³

RELACION AGUA - CEMENTO

relación de agua - cemento por teoría 0.684
relación de agua - cemento por corrección 0.625

FACTOR DE CEMENTO

F C 205 / 0.684 = 299,71 kg/m³ 7,05 bls/m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento 299,71 kg/m³
Agua efectiva 185,52 t/m³
Agregado Fino 1013,243 kg/m³
Agregado Grueso 835,4654 kg/m³

PROPORCIONES EN PESO

299,71	1013,24	835,46
299,71	299,71	299,71

C	AF	AG	A	
1	3,38	2,79		26,31 lt/bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

cálculos: 1 pie³: 35,32
1 Bolsa cemento: 42,5 Kg

Agregado Fino	
PUS	1628,00
CH	3,25
Total	1.680,91

Agregado Grueso:	
PUS	1384,00
CH	0,61
Total	1.392,44

Peso por pie cubico :

Fino = 47,59 kg/pie³
Grueso = 39,42 kg/pie³
Cemento = 1 l bolsa
Fino = 3,02
Grueso = 3,01
Agua = 26,31



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



DISEÑO DE MEZCLA

15% DE SUSTITUCIÓN AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE ARCILLA (3.75%) Y CAL (11.25)

SOLICITA : BACH. CRUZ ROMERO OMAR JOEL
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 15% Y 25% DE ARCILLA Y CAL.
LUGAR : HUARAZ - PROVINCIA HUARAZ - ANCASH
FECHA : 16/09/2019

ESPECIFICACIONES

La selección de las proporciones se hará empleando el método ACI
 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento nuevo

Peso específico	C+ Arc+ Cal.	3,02
-----------------	--------------	-------------

B.- Agua

Potable de la zona

C.- Agregado Fino

CANTERA : "TACLLAN - HUARAZ"

Peso específico de masa	2,62
Peso unitario suelto	1628 kg/m ³
Peso unitario compactado	1752 kg/m ³
Contenido de humedad	3,25
Absorción	1,27
Modulo de Fineza	3,00

D.- Agregado Grueso

CANTERA : "TACLLAN - HUARAZ"

Piedra, perfil angular	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Peso específico de masa	2,72
Peso unitario suelto	1384 kg/m ³
Peso unitario compactado	1484 kg/m ³
Contenido de humedad	0,61
Absorción	0,68



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plastica, 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 máximo nominal de 3/4" el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³

RELACION AGUA - CEMENTO

Relación de agua - cemento del patrón	0.684
Relación de agua - cemento por corrección	0.625
Relación de agua - cemento experimental	0.630

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.084
Arcilla (3.75%).....	(m ³)	0.005
Cal (11.25%).....	(m ³)	0.011
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado Fino.....	(m ³)	0.370
Agregado Grueso.....	(m ³)	0.305
Aire.....	(m ³)	0.020
		1,000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	254.75 kg/m ³
Arcilla (3.25%).....	11.25 kg/m ³
Cal (11.25%).....	33.72 kg/m ³
Agua efectiva.....	185.74 lt/m ³
Agregado Fino.....	970.62 kg/m ³
Agregado Grueso.....	839.40 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	254.75 kg/m ³
Arcilla (3.25%).....	11.25 kg/m ³
Cal (11.25%).....	33.72 kg/m ³
Agua efectiva.....	185.74 lt/m ³
Agregado Fino.....	1002.16 kg/m ³
Agregado Grueso.....	835.47 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$\frac{254.75}{254.75}$	$\frac{11.25}{254.75}$	$\frac{33.72}{254.75}$	$\frac{1002.16}{254.75}$	$\frac{835.47}{254.75}$
-------------------------	------------------------	------------------------	--------------------------	-------------------------

C	ARCILLA	CAL	A.F	AG	A	
1	0.04	0.132	3.93	3.28		30,99 lt/bolsa



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



DISEÑO DE MEZCLA

25% DE SUSTITUCIÓN AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN ARCILLA (6.25%) Y CAL (18.75)

SOLICITA : BACH. CRUZ ROMERO OMAR JOEL
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 15% Y 25% DE ARCILLA Y CAL.
LUGAR : HUARAZ - PROVINCIA HUARAZ - ANCASH
FECHA : 16/09/2019

ESPECIFICACIONES

La selección de las proporciones se hará empleando el método ACI
 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento nuevo

Peso específico	C+ Arc+ Cal.	2,85
-----------------	--------------	-------------

B.- Agua

Potable de la zona

C.- Agregado Fino

CANTERA : "TACLLAN - HUARAZ"

Peso específico de masa	2,62
Peso unitario suelto	1628 kg/m ³
Peso unitario compactado	1752 kg/m ³
Contenido de humedad	3,25
Absorción	1,27
Módulo de Fineza	3,00

D.- Agregado Grueso

CANTERA : "TACLLAN - HUARAZ"

Piedra, perfil angular	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Peso específico de masa	2,72
Peso unitario suelto	1384 kg/m ³
Peso unitario compactado	1484 kg/m ³
Contenido de humedad	0,61
Absorción	0,68



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plastica, 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 máximo nominal de 3/4" el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³

RELACION AGUA - CEMENTO

Relación de agua - cemento del patrón	0.684
Relación de agua - cemento por corrección	0.621
Relación de agua - cemento experimental	0.635

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0,079
Arcilla (6.25%).....	(m ³)	0,006
Cal (18.75%).....	(m ³)	0,020
Agua efectiva.....	(m ³)	0,205
Agregado Fino.....	(m ³)	0,365
Agregado Grueso.....	(m ³)	0,305
Aire.....	(m ³)	0,02
		<hr/>
		1,000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	224,78 kg/m ³
Arcilla (6.25%).....	18,73 kg/m ³
Cal (18.75%).....	56,20 kg/m ³
Agua efectiva.....	186,06 lt/m ³
Agregado Fino.....	955,11 kg/m ³
Agregado Grueso.....	830,40 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

cemento.....	224,78 kg/m ³
Arcilla (15%).....	18,73 kg/m ³
Cal (18.75%).....	56,20 kg/m ³
Agua efectiva.....	186,06 lt/m ³
Agregado Fino.....	986,15 kg/m ³
Agregado Grueso.....	835,47 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$\frac{224.78}{224.78}$	$\frac{18.73}{224.78}$	$\frac{56.20}{224.78}$	$\frac{986.15}{224.78}$	$\frac{835.47}{224.78}$		
C	CH	ARCILLA	A.F	AG	A	
1	0,08	0,25	4,39	3,72		35,18



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

RELACIÓN AGUA CEMENTO (A/C) DEL CONCRETO PATRÓN Y EXPERIMENTAL

SOLICITA : BACH. CRUZ ROMERO OMAR JOEL
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 15% Y 25% DE ARCILLA Y CAL.
LUGAR : HUARAZ - PROVINCIA HUARAZ - ANCASH
FECHA : 16/09/2019.

DISEÑO F'c = 210 KG/CM2	POR TEORIA	CORRECCIÓN POR HUMEDAD
PATRÓN	0,684	0,625
SUSTITUCIÓN DEL 15%	0,684	0,630
SUSTITUCIÓN DEL 25%	0,684	0,635


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

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Bach. Cruz Romero, Omar Joel

TESIS : Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 15% Y 25% de Arcilla y Cal.

FECHA: 22/05/2019

F'c : 210 kg/cm2

Nº	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	DIAMETRO	AREA	FC	FC/F'c
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	CM	CM2	Kg/cm2	(%)
1	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	25/04/2019	7	15,1	179,08	159,6	76,0
2	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	25/04/2019	7	15	176,72	162,6	77,4
3	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	25/04/2019	7	15,1	179,08	158,4	75,4
4	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	02/05/2019	14	15,1	179,08	190,6	90,8
5	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	02/05/2019	14	15,2	181,46	188,6	89,8
6	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	02/05/2019	14	15	176,72	192,7	91,8
7	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	16/05/2019	28	15	176,72	214,2	102,0
8	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	16/05/2019	28	15,1	179,08	213,9	101,9
9	CONCRETO PATRON	3	18/04/2019	16/05/2019	28	15,1	179,08	215,1	102,4

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

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARA/
 FACULTAD DE INGENIERIA
 INSTITUTO DE MECANICA DE
 ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. Cruz Romero, Omar Joel

TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto $F_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"

FECHA: 22/05/2019

F'c : 210 kg/cm²

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	DIAMETRO CM	AREA CM2	FC Kg/cm ²	FC/F'c (%)
1	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15,1	179,08	164,1	78,2
2	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15,2	181,46	158,9	75,7
3	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15,1	179,08	163,6	77,9
4	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15	176,72	194,9	92,8
5	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15,1	179,08	193,7	92,2
6	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15,1	179,08	192,7	91,8
7	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15,1	179,08	219,0	104,3
8	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15	176,72	218,0	103,8
9	COMBINACION DE 15% CON ARCILLA (3.75%) + CAL (11.25%)	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15,1	179,08	217,3	103,5

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

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



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. Cruz Romero, Omar Joel

TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 15% y 25% de Arcilla y Cal"

FECHA: 22/05/2019

F'c : 210 kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA MOLDEO		EDAD DIAS	DIAMETRO CM	AREA CM2	FC Kg/cm2	FC/F'c (%)
1	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15	176,72	140,2	66,8
2	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15,1	179,08	136,5	65,0
3	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	19/04/2019	7	15	176,72	141,8	67,5
4	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15,1	179,08	160,9	76,6
5	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15	176,72	165,0	78,5
6	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	26/04/2019	14	15,2	181,46	162,5	77,4
7	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15,1	179,08	208,3	99,2
8	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15	176,72	209,7	99,9
9	COMBINACION DE 25% CON ARCILLA (6.25%) + CAL (18.25%)	3	12/04/2019	10/05/2019	28	15	176,72	209,3	99,6

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

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



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE