

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolín activado mecánicamente de Tarica – Huaraz

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Giraldo Lliuya Augusto William.

ASESOR:

Castañeda Rogelio Gamboa.

Huaraz - Perú

2016

PALABRAS CLAVE - KEYWORDS:

Tema	Resistencia de probetas
Especialidad	Tecnología de concreto

KEYWORDS

Topic	Probity Resistance
Specialty	Concrete technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Programa	Ingeniería Civil
Área	2. Ingeniería y Tecnología
Sub - área	2.1 Ingeniería Civil
	Ingeniería Civil

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN
CONCRETO $f'c = 210\text{KG/CM}^2$ CON CEMENTO
SUSTITUIDO EN 5% Y 10% POR CAOLÍN ACTIVADO
MECÁNICAMENTE DE TARICA - HUARAZ**

RESUMEN

El propósito de la investigación fue determinar la resistencia alcanzada de un concreto al sustituir al cemento en un 5% y 10% por caolin activada mecánicamente, el estudio que se realizó en la ciudad de Huaraz en el año 2017, utilizando agregado de la cantera de Anta, caolin activado mecánicamente del distrito de tarica – Huaraz y con cemento portland tipo I, con la finalidad de encontrar alternativas de materiales para ser aplicados en el campo de la ingeniería civil.

Esta investigación trató sobre la sustitución del cemento en el concreto, en primer lugar, se estudió los materiales que lo componen, la sustitución del cemento será el caolin activado mecánicamente, teniendo en cuenta tanto sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, luego las propiedades del concreto de cemento - arena con dosificaciones según lo que menciona la norma técnica peruana 339.051 (2013), seguido se realizaron concreto de cemento-caolin activado mecánicamente.

Se determinó que la combinación de caolin activado mecánicamente al 5% y 10% obtuvo resistencias inferiores en 4.57% y 9.83% con respecto al patrón respectivamente, demostrando que la nueva adición no puede ser usada en obras de construcción, brindándole a la población estructuras de una baja resistencia.

ABSTRACT

The purpose of the research was to determine the resistance reached of a concrete when replacing cement by 5% and 10% by mechanically activated kaolin, the study that was carried out in the city of Huaraz in 2017, using aggregate from the quarry of Anta, mechanically activated kaolin from the district of tarica - Huaraz and with portland type I cement, with the aim of finding alternative materials to be applied in the field of civil engineering.

This investigation dealt with the replacement of cement in the concrete, firstly, the materials that make it up were studied, the replacement of the cement will be the mechanically activated kaolin, taking into account both its chemical, physical and mechanical properties, then the properties of the cement concrete - sand with dosages according to what is mentioned in Peruvian technical standard 339.051 (2013), followed by mechanically activated cement-kaolin concrete.

It was determined that the combination of mechanically activated kaolin at 5% and 10% obtained lower resistances in 4.57% and 9.83% with respect to the pattern respectively, demonstrating that the new addition can not be used in construction sites, providing the population with structures of a low resistance.

Índice General

Contenido

Palabras clave – key words – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice General	v
I). Introducción	1
II). Metodología.	41
III). Resultados.	47
IV). Análisis y discusión	59
V). Conclusiones y Recomendaciones	61
VI). Agradecimientos	63
VII). Referencias bibliográficas	64
VIII). Anexos y apéndices	66

Lista de Tablas

Tabla 1 Componentes principales del cemento portland tipo I	08
Tabla 2. La composición química del cemento	09
Tabla 3. Características físicas del cemento tipo I	09
Tabla 4. Límites granulométricos para el agregado fino.	11
Tabla 5. Granulometría de la arena gruesa	13
Tabla6. Valores máximos admisibles de sustancias en el agua NTP 339.088	15
Tabla 7. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción	25
Tabla 8. Aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximo de agregado.	27
Tabla 9. Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto	28
Tabla10. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto	29
Tabla 11 Primera estimacion del peso del concreto fresco	30
Tabla 12. Variable dependiente:	39
Tabla 13. Variable independiente:	39
Tabla 14. Diseño de bloque completo alazar.	41
Tabla 15. Técnicas de Recolección de Información	42
Tabla 16. Limite líquido.	47
Tabla 17. Limite plástico	47
Tabla 18. Clasificación del tipo de caolín activado mecánicamente de Tarica	48
Tabla 19. Composición química del caolín mecánicamente activado expresada como elemento	49
Tabla 20. Composición química expresado como óxidos del caolín mecánicamente activado de tarica – Huaraz.	50
Tabla 21. Composición química expresado como óxidos del cemento portland tipo i y de la arcilla de tarica.	50
Tabla 22 Dosificación de material por cada probeta, para Concreto patrón	51

Tabla 23 Dosificación de material por cada probeta para Concreto con sustitución del 5 % de caolín activada mecánicamente con agua a temperatura ambiente en el cemento.	51
Tabla 24 Dosificación de material por cada probeta para Concreto con sustitución del 10 % de caolín activada mecánicamente con agua a temperatura ambiente en el cemento.	52
Tabla 25. dosificación de materiales a utilizar para la elaboración de todas las Probetas	52
Tabla 26. Resultados concretos endurecido resistencia a compresión; comparativa de los especímenes de concreto patrón.	52
Tabla27. Resistencias obtenidas de los especímenes de concreto experimental $f'c=210$ kg/cm ² con la sustitución del 5% del cemento por caolín activado mecánicamente.	53
Tabla28. Resistencias obtenidas de los especímenes de concreto experimental $f'c=210$ kg/cm ² con la sustitución del 10% del cemento por caolín activado mecánicamente.	54
Tabla29. Resistencias obtenidas de los especímenes de concreto experimental $f'c=210$ kg/cm ² con la sustitución del 5% del cemento por caolín activado mecánicamente.	55

Tabla30. Evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales	56
Tabla 31. Análisis de curva de las probetas	57
Tabla 32. análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del concreto patrón y experimentales $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.	58

Lista de Figuras

Figura n° 1. Ubicación de la provincia de Huaraz.	43
Figura n° 2. Ubicación del distrito de tarica.	43
Figura n° 3. Ubicación de la cantera de caolín en distrito de tarica.	44
Figura n° 4. Caolin del distrito de tarica activada a temperatura ambiente.	44

I. INTRODUCCIÓN

De los antecedentes encontrados se ha abordado algunos trabajos relevantes a esta investigación, como el de Yagual & Villacis (2015), tuvo como objetivo general elaborar hormigón liviano con arcilla expandida y definir sus Propiedades, concluyo que Según la norma ASTM C330, se concluye que la arcilla expandida cumple con los requisitos de agregado ligero para mezclas de hormigón. Según la norma ASTM C1.576-13, se determinó que no existe una reacción de los álcalis del cemento con la sílice del agregado grueso (arcilla expandida). También que las densidades del hormigón liviano con arcilla expandida obtenidas están entre 1594 a 1781 kg/m³ cumpliendo con la norma del ACI 318 que clasifica a los hormigones como livianos con densidades entre 300 a 1850 kg/m³.

Consiguiendo una disminución del peso del hormigón hasta en un 40%, valor bastante significativo en comparación con el hormigón convencional.

Por otro punto, en la investigación de Valentin & Julca (2015), tuvo como objetivo general: Determinar la resistencia de un concreto $F'c = 210\text{Kg/cm}^2$ cuando se sustituye la arena por arcilla natural en 3, 5 y 7% en el diseño; llegaron a concluir que el concreto con la sustitución arena por la arcilla natural en un 7% no excede a la resistencia del concreto patrón; mientras que con la sustitución de la arena por arcilla natural en un 5% el concreto obtiene mayores resistencias que el concreto patrón, y con la sustitución de la arena por arcilla natural en un 3% se obtienen resistencia similares que el concreto patrón.

En la investigación de Frías y Vegas (2010). Se planteó como objetivo de este estudio el de suministrar un enfoque alternativo para obtener metacaolín reciclado, un material altamente puzolánico para la fabricación de cementos comerciales. Los resultados de esta investigación han demostrado claramente la viabilidad científica y técnica de incluir los lodos de papel de desecho activados térmicamente como aditivos activos en la fabricación de cemento. Llegando a las siguientes conclusiones:

Los residuos papeleros por sus características son una fuente alternativa de caolinita, mineral base para la obtención de meta caolinita, producto altamente puzolánico.

Desde el punto de vista medioambiental, la puzolana obtenida es más ecológica que el propio Clinker portland, contribuyendo a un desarrollo más sostenible del proceso industrial cementero.

La temperatura de activación más idónea se encuentra entre 650 y 700°C entre 2 horas y 2 ½ horas de permanencia en el horno, desde el punto de vista científico, técnico, energético y medioambiental.

Así mismo se revisó la investigación Sun Koua. (2011), habla de la activación de la arcilla mediante lavado de donde se utilizó un flujo de aceite que estuvo a 100 °C aproximadamente, este tratamiento fue realizado por 2 horas.

Luego del cual, se secó en estufa a 50 °C por 16 horas. Se muestran algunas de las reflexiones idénticas como montmorillonita (M), moscovita (Mu) cristobita (Cris).

Se observa que la reflexión a 62.7° (plano 060) de la montmorillonita permanece hasta los 600 °C, sin embargo, el pico a 5.9° (plano 001) desaparece antes de los 200 °C para temperaturas mayores a 800 °C aparece la fase mullita y la fase montmorillonita desaparece por completa.

Este proyecto se realiza usar la arcilla activada para la industria textil para la durabilidad de sus productos.

La presente investigación se fundamenta en la teoría de la tecnología del concreto, en los principios básicos de la resistencia de materiales, así como en los estudios científicos recientes realizados sobre la resistencia del concreto con la sustitución del cemento por caolín.

Así mismo se revisó la investigación de Acuña y Figueredo. En este trabajo tiene por objetivo evaluar la potencialidad de una arcilla caolinítica calcinada (Metacaolín); estableciendo las características técnicas óptimas del Metacaolín a fin de ser utilizado como adición mineral.

De esta forma, después de la extracción, molienda y calcinación, fueron realizados ensayos químicos y físicos, en los laboratorios del Instituto Nacional de Tecnología y Normalización y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (Paraguay); de la Universidad Nacional del Sur y Centro Regional de Investigaciones Básicas y Aplicadas de Bahía Blanca (Argentina). Llegando a las siguientes conclusiones:

Se constató que una sustitución de 20% de cemento por Metacaolín, en hormigón, produjo los mayores incrementos de resistencia a la compresión.

Los hormigones con sustitución parcial de cemento por Metacaolín presentan resistencias a la compresión axial superiores a los hormigones sin sustitución.

El Metacaolín producido es apto para la elaboración de hormigón de alta resistencia.

Así mismo se revisó la investigación de Víctor (2017). Que realizó ensayos comparativos entre el concreto patrón (sin la sustitución del cemento por arcilla) y concreto con sustitución en un 3 y 6% del cemento por arcilla de la localidad de Paria, para lo cual se realizaron 27 especímenes cilíndricos de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, curados por inmersión hasta la fecha de prueba; conservando la relación A/C para los diferentes diseños que se realizaron, y el tamaño máximo de los agregados de 1", para un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. El cemento utilizado corresponde a un Cemento Pórtland tipo I.

A través de las pruebas de resistencia a la compresión - $f'c$, se obtuvieron la carga de ruptura, en base a los resultados obtenidos a través de la prueba de análisis de varianza se encontró que existe una diferencia significativa en las resistencias del concreto patrón con las experimentales.

Mientras que no existe una diferencia significativa entre los concretos experimentales entre sí.

Así mismo en el concreto patrón se obtuvieron mayores resistencias a la compresión que los concretos experimentales, sin embargo, las resistencias obtenidas en los

concretos experimentales obtuvieron resistencias óptimas; pero el concreto patrón supero dichos resultados de resistencia, siendo la misma la relación Agua/Cemento.

En este presente proyecto de investigación, se busca mejorar de manera específica la resistencia del concreto, el que beneficiará casi en su totalidad a la construcción de las viviendas en la provincia de Huaraz.

Actualmente se busca recursos naturales para el diseño de un concreto de Alta Resistencia, nos lleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la usan varias décadas atrás, nuestra investigación se fundamenta, que a corto plazo será una opción interesante para la construcción, debido a que las técnicas constructivas ofrecerán en el futuro estructuras con los elementos más ligeros y delgados, pero con una resistencia sumamente mayor y aun costo menor.

Esta investigación servirá a los estudiantes de Ingeniería Civil para realizar investigaciones posteriores a este trabajo de investigación, ya que, hay una serie de aplicaciones que bien se podrían aprovechar sustituyendo al cemento por caolin (arcilla blanca)

En el presente proyecto tratamos de contribuir con avances tecnológicos por obtener un mejor concreto, se tendrá en cuenta el aspecto económico para que esté al alcance de la población de la provincia de Huaraz.

Por lo mencionado se formula el ¿Cuál será la Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolín activado mecánicamente de Tarica – Huaraz?

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

Abanto (2000). Sostiene que el concreto, es la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. Por otro lado, el tamaño

máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad. Algunos valores de densidad.

El concreto tiene una estructura altamente heterogénea y compleja (Metha y Monteiro, 1998). Básicamente es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento Portland y agua, une a los agregados, normalmente arena y grava, creando una masa.

En el nivel macroscópico el concreto se puede considerar un material de dos fases, consistentes en partículas de agregados dispersas en una matriz de pasta de cemento. En el nivel microscópico comienzan a mostrarse las complejidades de la estructura del concreto (Metha y Monteiro, 1998). Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas.

las cuatro propiedades principales del concreto son: trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad.

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras.

trabajabilidad: en esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad el Control de la trabajabilidad. En nuestro país lo rige la NTP 339.035 y el ensayo se denomina de asentamiento.

Se mide tradicionalmente por el “slump” o consistencia (cono de Abrams) ya que se permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, pero es una manera limitada de evaluarla, siendo más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad. (tecnología del concreto (teoría y problemas)).

Es común que esta prueba sea un condicionante de aprobación o desaprobación del concreto fresco.

Para efectuar el ensayo de Asentamiento debemos colocar un Tronco de cono de chapa (de 30 cm de altura y 20 cm de diámetro de base inferior y 10 cm de diámetro de base superior) sobre una superficie lisa, plana y no absorbente, se lo mantiene

afirmado contra el piso, apoyando los pies sobre las orejas inferiores del dispositivo. El molde Tronco- Cónico se llena con la mezcla en tres capas iguales, compactadas con la varilla (de acero común liso de 16 mm de diámetro y 60 cm de largo) mediante 25 golpes enérgicos por capa, que atraviesan la capa a compactar, pero no las inferiores. Cuando se llega a la base superior se enrasa con cuchara dejando la superficie de concreto lisa. Se levanta el molde tomándolo por las manijas superiores hasta dejar libre totalmente la mezcla el estudio. Esta operación se efectúa inmediatamente después de completada la compactación y en forma vertical y gradual.

La medición del Asentamiento se efectúa colocando una regla apoyada sobre el molde, la regla establece un plano de comparación horizontal a 30 cm de altura sobre el piso. Se mide con otra regla graduada el descenso producido en el punto central de la base superior con respecto a la altura original. (tecnología del concreto (teoría y problemas).

Durabilidad. el concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

Impermeabilidad: es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

Resistencia: los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

Al principio el concreto parece una “masa”. Es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas. Y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la posesividad. (tecnología del concreto (teoría y problemas).

El control de calidad del concreto depende en primera instancia de los procedimientos de muestreo que permitan contar con porciones representativas para el análisis correspondiente.

El proceso de la toma de la muestra esta normado por ASTM C-172. estado fraguado. después, el concreto empieza a ponerse rígido. cuando ya no está blando, se conoce como fraguado del concreto.

El fraguado tiene lugar después de la compactación y durante el acabado. estado endurecido. Después de que concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad.

El objetivo al diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone, para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de su uso.

Para lograr tal objetivo, una mezcla de concreto bien proporcionada deberá poseer las propiedades siguientes:

En el concreto fresco, trabajabilidad aceptable.

En el concreto endurecido, durabilidad, resistencia, Economía. y presentación uniforme.

materiales que conforman el concreto

Los componentes principales del concreto son pasta de cemento Portland, agua y aire, que puede entrar de forma natural y dejar unas pequeñas cavidades o se puede introducir artificialmente en forma de burbujas.

Los materiales inertes pueden dividirse en dos grupos: materiales finos, como puede ser la arena gruesa, materiales gruesos, como pueden ser la grava, piedras. En general, se llaman materiales finos si sus partículas son menores que 6,4 mm. Si son mayores, pero según el grosor de la estructura que se va a construir el tamaño de los materiales varía mucho. En la construcción de elementos de pequeño grosor se utilizan materiales con partículas pequeñas, de 6,4 mm. (Teodoro E. 1997)

Cemento:

Se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la función incipiente de los materiales calcáreos y arcillas

El cemento es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire (Rivera)

Componentes químicos:

Silicato tricalcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Silicato dicalcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

Aluminato tricalcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.

Aluminio- ferrito tetracalcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. (Abanto,2009, pág. 16)

Según (Rivera, pág. 23) los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento Portland Tipo I y las proporciones generales en que intervienen son:

Tabla 1
Componentes principales del cemento portland tipo I

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

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

Tabla 2
Composición química del cemento

<i>ASTM C150</i>		
<i>Items</i>	<i>Units</i>	<i>Specification</i>
<i>Chemical analysis</i>		
<i>SiO₂</i>	%	<i>≤ 22.0</i>
<i>Al₂O₃</i>	%	<i>≤ 5.80</i>
<i>Fe₂O₃</i>	%	<i>≤ 4.00</i>
<i>CaO</i>	%	<i>≥ 59.00</i>
<i>MgO</i>	%	<i>≤ 6.00</i>
<i>SO₃</i>	%	<i>≤ 3.0</i>

Fuente: Norma ASTM C-150

cemento portland tipo i – sol

El cemento portland tipo I sol, es usualmente utilizado en nuestra localidad para construcciones en general, en las que se requiere condiciones típicas del concreto que se fabrica tales como, edificaciones, obras hidráulicas, veredas, etc. Siendo el más usado en obras por los constructores e ingenieros de la localidad. (N.T.P. 400.011)

Tabla 3
características físicas del cemento tipo i

<i>Características</i>	<i>Cemento portland tipo I sol</i>
Peso específico	3.15
Contenido de aire	9%
Fraguado vicat	
Inicial	2h29mi
Final	3h55mi
Superficie específica	
Expansión auto clave	0.2%
Resistencia a la compresión	
03 días	170
07 días	225
28 días	265

Fuente: tecnología del concreto (teoría y problemas)

Agregado fino.

Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas y cumple con la NTP 400.037.

La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo. El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla (Neville, 1999).

Riva (2007). Afirma que el agregado fino debe tener un módulo de fineza entre 2.3 y 3.1. Ello no excluye la posibilidad de emplear agregados con módulos de fineza mayores o menores si se toman las precauciones adecuadas en la selección de las proporciones de la mezcla. Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

El agregado fino es aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8" y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas.

Tabla 4

límites granulométricos para el agregado fino.

ASTM (Pulg)	Abertura (mm)	Límite superior (%)	Límite inferior (%)
3/8	9.5	100	100
4	4.75	100	95
8	2.4	100	80
16	1.2	85	50
30	0.6	60	25
50	0.3	30	5
100	0.15	10	2
200	0.075	0	0

Fuente: NTP 400. 037.

Peso unitario.

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc. (N.T.P. 400.011)

Peso específico.

El peso específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

Contenido de humedad.

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

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

Granulometría.

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas. (N.T.P. 400.011)

Módulo de finura

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe tener un módulo de finura no menos a 2.35 ni mayor que 3.15.

Superficie específica

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las partículas.

agregado grueso Neville (1999), El agregado grueso es el retenido en el tamiz 4.75 mm(N°9) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, que cumple con los límites establecidos en la norma técnica peruana 400.037. y ASTMCI 136-71 El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos, depositados en forma natural.

Tabla 5.
Granulometría de la arena gruesa

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: tecnología del concreto (teoría y problemas)

Propiedades físicas

Los agregados gruesos para que puedan ser utilizados en la preparación del concreto de alta resistencia deben cumplir, aparte de los requisitos mínimos de las normas, que proceda de rocas ígneas plutónicas de grano fino, que han enfriado en profundidad, con una dureza no menor a 7 y una resistencia en compresión no menor del doble de la resistencia que se desea alcanzar en el concreto.

Peso unitario

El peso unitario o peso aparente del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en Kg/m³. El valor para agregados normales varía entre 1500 y 1700 Kg/m³.

Peso específico

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; valores altos entre 2.5 a 2.8, corresponden a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc.)

Contenido de humedad

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

Absorción

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

Granulometría

La granulometría se refiere a la distribución por tamaños de las partículas de los agregados. En concretos de alta resistencia no es recomendable utilizar toda la granulometría del agregado grueso, por investigaciones se ha determinado utilizar tamaño máximo de piedra que están en un rango para obtener óptima resistencia en compresión.

agua

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. (Teodoro, 1997).

Se sostiene que el agua impotable no debe utilizarse en el concreto a menos que se cumplan las siguientes condiciones:

La dosificación debe estar basada en mezclas de concreto que utilice agua de la misma fuente. Los cubos para ensayos de morteros hechos con agua impotable de mezcla, deben tener una resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de edad, igual o mayor al 90% de la resistencia a la compresión de probetas similares hechas con agua potable. (Martínez. 2010).

Tabla 6

Valores máximos admisibles de sustancias en el agua NTP 339.088

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de Magnesio	150 ppm.
Sales Solubles Totales	1500 ppm.
pH.	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 pm.

Fuente. NTP 339.088

Aditivos

Esta especificación tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los aditivos químicos que pueden agregarse al hormigón, para que éste desarrolle ciertas características especiales requeridas en obra.

Según el efecto en la mezcla, se tienen las siguientes clases de aditivos:

Acelerante, Retardantes de fraguado, Reductores de agua, Reductores de agua de alto rango, Reductores de agua y acelerante, Reductores de agua y retardantes, Reductores de agua de alto rango y retardante, Inclusores de aire, Impermeabilizantes.

arcilla.

La palabra arcilla proviene del latín “*argilla*” y ésta del griego “*argos*” o “*argilos*” (blanco), por el color del material usado en cerámica.

El termino arcilla, que se considera y define de muchas maneras, es variable y difícil de precisar. En edafología y sedimentología frecuentemente se usa como un tamaño ($< 2\mu$) que identifica un material heterogéneo, compuesto de minerales propios de

la arcilla y otras sustancias, incluyendo fragmentos de roca, óxidos hidratados, geles y sustancias orgánicas. (Besoain, 1985).

Petrográficamente se llama arcilla a una gran cantidad de materiales sedimentarios, de granulometría fina y mineralógicamente poco definidos. Desde un punto de vista tecnológico, los ceramistas llaman arcilla a materiales de textura fina que exhiben, cuando húmedos, propiedades plásticas, esto es, que pueden ser deformados permanentemente por acción de una presión, y que son refractarios. Químicamente por arcilla se designa una serie de sustancias que con frecuencia se identifican con el caolín y son de composición muy variable, incluyendo Si, Al, Fe, elementos alcalinos y alcalinotérreos. Arcilla designa también un producto de meteorización. (Besoain, 1985).

Wiener (1934) mencionado por Hoyos (1949) expuso que las arcillas son el resultado de la erosión física y química de una roca originaria, que produce un conjunto de partículas materiales de distintos tamaños. La presencia, además, de una fase líquida, necesaria para la existencia de un ataque químico, permite considerar a este conjunto como un sistema disperso.

El término arcilla se utiliza habitualmente con tres significados diferentes. (Doval Montoya et al., op. cit.).

Mineralógicamente.

Engloba un grupo de minerales, filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades físico-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, en general muy fino. (Doval Montoya et al. 1991)

Petroológicamente.

Es una roca sedimentaria, en la mayoría de los casos de origen detrítico, con características bien definidas. (Doval Montoya et al. 1991)

Económicamente.

Las arcillas son rocas constituidas por distintos minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas, y con distintas propiedades

tecnológicas y aplicaciones. Algunas definiciones de arcilla establecen que se trata de un material plástico cuando se mezcla con una cantidad limitada de agua, pero, si bien la mayor parte de las arcillas presentan esta propiedad, otras no son plásticas. (Doval Montoya et al. 1991).

El material típicamente arcilloso, que es quien le imparte a esta roca sus propiedades industriales específicas, está en general en las fracciones finas; cuyo tamaño, aunque no establecido universalmente, está por debajo de las 2 μ (a veces extendido hasta 4-8 μ). El material no arcilloso puede ser muy escaso (< del 5 %), pero normalmente oscila entre el 20 % y el 50 %.

Un 90 % de la producción se consume preferentemente en la fabricación de materiales de construcción y áridos, y sólo un 10 % se dedica a otras industrias: fabricación de papel, caucho, pinturas, absorbentes, decolorantes, arenas de moldeo, productos químicos y farmacéuticos, agricultura, etc. (Galán Huertos,1992).

En general estas últimas arcillas son denominadas arcillas especiales, o sea, arcillas fundamentalmente constituidas por un mineral de la arcilla, y cuyas propiedades dependen especialmente de las características de ese mineral. (Galán Huertos,1992)

Las otras arcillas, denominadas como arcillas cerámicas, arcillas comunes, arcillas para la construcción, y a veces también arcillas misceláneas, son arcillas compuestas por dos o más minerales de la arcilla, preferentemente illita y esmectita, con importantes cantidades de carbonatos y cuarzo. Las primeras suponen más del 70 % del valor total de las arcillas comerciales y son objeto de comercio internacional. (Galán Huertos,1992)

Recientemente Clarke (1985) ha concretado el término de arcillas especiales, utilizando esta denominación únicamente para referirse a las arcillas raras, como el caso de la sepiolita o hectorita, o poco abundantes, como la palygorskita, halloysita y bentonitas blancas. También puede aplicarse a arcillas tratadas (químicamente modificadas), como las bentonitas activadas con tratamientos ácidos o las bentonitas organofílicas ("organoclays"). Quedan fuera del término los caolines y arcillas

caoliníferas y las bentonitas por ser producidas en grandes volúmenes. Una clasificación similar es debida a Griffiths (1985).

Obviando por tanto otros criterios contrapuestos, como es el caso de Galán (1992.) quien considera arcillas especiales a todos los caolines y arcillas caoliníferas, bentonitas, sepiolitas y palygorskitas, y arcillas comunes a las restantes arcillas, se incide en que se acepta el criterio de Clarke (op. cit.) por ser el utilizado en el mundo comercial (especialmente vinculado a las arcillas especiales) y ser el más ampliamente aceptado en la actualidad (tanto nacional como internacionalmente), incluso en los sectores académicos.

En base a ello, se ha seguido el mismo criterio a la hora de redactar el presente Inventario

De hecho, no se incluyen en el mismo ni el caolín, ni las arcillas caoliníferas, ni las montmorillonitas (cuando esta presenta una composición predominantemente illítica y su principal aplicación es la industria cerámica).

Caolín.

Su nombre viene del término chino Kao: alta y Ling: colina, que indicaba en la provincia de kiangsi, cerca de Jauchu Fa, el lugar donde los chinos encontraron por primera vez este tipo de arcilla al natural, su uso como pigmento está documentado en distintos pueblos.

Propiedades físicas del caolín

El caolín es un silicato de aluminio hidratado, producto de la descomposición de rocas feldespáticas principalmente. (Mike Howard y Darcy Howard)

El término caolín se refiere a arcillas en las que predomina la mineral caolinita; tiene una densidad real de 2.60 g/cm³ a 2.63 g/cm³; su dureza es 2 en la escala de Mohs; de color blanco, puede tener diversos colores debido a las impurezas; brillo generalmente terroso mate; es higroscópico (absorbe agua); su plasticidad es de baja a moderada.

Otras propiedades importantes son su blancura, su inercia ante agentes químicos, es inodoro, aislante eléctrico, moldeable y de fácil extrusión; resiste altas temperaturas, no es tóxico ni abrasivo y tiene elevada refractar edad y facilidad de dispersión.

Es compacto, suave al tacto y difícilmente fusible. Tiene gran poder cubriente y absorbente y baja viscosidad en altos porcentajes de sólidos. Además, toma color azul cuando se humedece con nitrato de cobalto y se calcina (aluminio).

Se reconoce por su carácter arcilloso, pero sin ayuda de rayos X es imposible distinguirlo de otros minerales. (Mike Howard y Darcy Howard)

La caolinita muestra pocas variaciones en su composición. Para $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Al_2O_3 39.5%, SiO_2 46.5% y H_2O = 14%. Su estructura cristalina es triclinica en láminas muy pequeñas, delgadas, rómbicas o de forma hexagonal. ($a = 5.14 \text{ \AA}$, $b = 8.93 \text{ \AA}$, $c = 7.37 \text{ \AA}$; $\alpha = 91^\circ 48'$, $\beta = 104^\circ 30'$. $\gamma = 90^\circ$). (Mike Howard y Darcy Howard, Introducción a la Cristalografía.)

Generalmente la caolinita se encuentra en masas arcillosas, tanto compactas como sueltas. La unidad fundamental de la estructura del caolín es la lámina T- O, una hoja de tetraedros (T) de silicio-oxígeno unida a otra hoja de octaedros (O) de aluminio-oxígeno-OH. La sustitución del silicio por otro elemento, como el aluminio, o bien la sustitución del aluminio en la hoja tipo O por otro elemento de menor carga, por ejemplo, el magnesio, causa un cambio químico en el material, pero mantiene esencialmente la misma estructura (Mike Howard y Darcy Howard, Introducción a la Cristalografía.)

Características distintivas de la caolinita. No se puede diferenciar de la anauxita por métodos ópticos, espaciados de rayos x o curvas térmicas; por lo tanto, se necesita el análisis químico. La sericita, illita, talco y pirofilita tienen todas birrefringencias más elevada. La dickita es ópticamente (+) y tiene un Angulo de extinción mayor; la nacrita tiene también un ángulo de extinción mayor. Los montmorillonoides tienen $2v$ pequeños y birrefringencia mucho más elevada. La misma montmorillonita tiene índices de refracción considerablemente menores. (Heinrich, 1965)

Usos del caolín. Del caolín o caolinita, es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas y refractarios. También es utilizada en ciertos medicamentos y como agentes absorbentes y de aprestos para almidonar. Cuando la materia no es muy pura, se utiliza en fabricación de papel. Conserva su color blanco durante la cocción. (Dionisi, 1999)

Las arcillas de quema blanca y semblanza de los Grupos Caacupé e Itacurubi, pueden ser utilizadas para la producción de cerámica fina, sanitarios, vajillas, base de esmaltes, cerámica artesanal, revestimientos, caños sanitarios, carga industrial y farmacéutica, refractarios y otros. (Dionisi, 1999)

Tipos de arcillas caolinitas o caolín.

Según Spinzi, et al. (1995), estas arcillas se pueden clasificar en tres tipos desde el punto de vista tecnológico y económico:

Caolín (sensu stricto). Corresponde a la variedad más pura de las arcillas caolinitas en cuanto a porcentaje de caolinita presente en el recurso, y al mejor grado de ordenamiento cristalográfico, factores que influyen en las propiedades y permiten su amplia gama de aplicaciones tecnológicas. (Deer, *et al.*, 1992)

El caolín es el producto de alteración, caolinización de rocas ricas en feldespato como granitos, gneis y arcosas, por proceso de meteorización y/o hidrotermal. Depósitos residuales “in situ” de caolín, pueden ser erosionados, transportados y depositados a cierta distancia del origen, formando un yacimiento sedimentario secundario, constituido por capas de caolín, de diverso espesor y pureza, normalmente interstratificado en secuencias sedimentarias. (Deer, et al., 1992),

Los yacimientos de meteorización y los sedimentarios, son los de mayor interés, debido a su yacencia estratiforme, regular, que facilita la explotación mecanizada y por la reconcentración que ha ocurrido con el material transportado, en el caso de los yacimientos secundarios. Pueden contar 10 hasta 95 % de caolinita. (Deer, *et al.*, 1992),

Arcillas Caolinitas plásticas.

Es un material que se caracteriza por su alta plasticidad, color variable (gris claro, azul, pardo o negro) alta cohesión en seco, amplio rango de vitrificación y elevada refractabilidad.

Se trata de una arcilla secundaria, compuesta en un 70% por caolinita desordenada, además illita, cuarzo, montmorrillonita, clorita y materia orgánica en forma de turba, lignito o como materia coloidal alcanzando promedios entre un 2% y 3% del total. Se utiliza en la elaboración de productos cerámicos que no tengan obligadamente que ser blancos. Son en su mayoría de origen sedimentario y asociados comúnmente con materia carbonosa que sugiere ambiente deposición del tipo palustre. Los depósitos se presentan como cuerpos estratiformes lenticulares que varían considerablemente en dimensiones y propiedades de un depósito a otro y hasta en un mismo depósito. (kirsch, 1995).

Arcillas Caolinitas Refractarias.

Corresponden a las distintas variedades de arcillas caolinitas que se utilizan en la fabricación de productos refractarios que presentan una alta resistencia a temperaturas elevadas, sobre 1500 ° C, y a las transformaciones físico-químicas a estas condiciones. (kirsch, 1995).

La refractariedad en estas arcillas está dada por un alto contenido en alumina (Al_2O_3) que permite su alto punto de fusión y por un bajo contenido de mica y compuestos de hierro, los que originan mezclas de bajos puntos de fusión.

El rango de arcillas refractarias comprende, desde caolines plásticos y arcillas plásticas (ball clay), pasando por arcillas semi plásticas hasta arcillas de tipo Flint clay, duras (diageneizadas) y arcillas ricas en diásporo o bohemita ósea arcillas bauxititas. (kirsch, 1995).

formación del meta caolín. Entre los 100°C y 200° C, las arcillas minerales pierden la mayoría de humedad del agua adsorbida. Luego entre 500°C-800°C la caolinita se calcina perdiendo agua a través de deshidroxilación lo cual corresponde teóricamente a un 13.96% de su peso.

La deshidroxilación del caolín a metacaolín es un proceso endotérmico debido a la gran cantidad de energía requerida para remover químicamente los enlaces de los iones hidroxilos. Arriba de este rango de temperatura, la caolinita se convierte en metacaolín, con un orden cristalino amorfo de dos dimensiones. Con el fin de producir la puzolana debe alcanzarse la deshidroxilación por completo sin sobrecalentamiento, en otras palabras, tostado, pero no quemado. A continuación, se destacan las fases de reacciones y descomposiciones bajo la acción del calor sobre la caolinita. (kirsch, 1995).

Fase de desecación Transcurre hasta unos 110°C y supone la pérdida primero de humedad adsorbida, externa y del agua intersticial después, cuya eliminación exige la difusión hasta la superficie, y esta difusión está frenada por los efectos capilares. El objeto se contrae proporcionalmente al agua eliminada. Para evitar deformaciones, pues, interesa amasar, con mínima agua, es decir, arcillas de máxima plasticidad. Por último, se elimina el agua que recubre superficialmente a las partículas; hay contracción, pero no mucha y, desde luego, no es proporcional. (kirsch, 1995).

Fase de deshidratación Transcurre hasta unos 350°C con la eliminación del agua de hidratación de coloide (interior del retículo cristalino). Se produce poca contracción, pero sí huecos inter granulares que contribuyen a la mayor porosidad fina del material. (kirsch, 1995).

fase de reacción. A aproximadamente 550°C se produce la deshidroxilación de los grupos hidroxilos que contiene la caolinita, formando Meta caolinita:
$$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

A 573 °C se produce la transición de fase de cuarzo α a β . No tiene consecuencias en el ciclo de calentamiento por la relativa gran flexibilidad del entramado de partículas empaquetadas.

Se forma sanidina, feldespatos alcalinos mezcla en el intervalo de 700°C a 1000°C. La temperatura de formación depende de la relación sodio/potasio. Aumenta la porosidad y la contracción de manera significativa.

Entre 950 y 1000°C el metacaolín se transforma en una fase con estructura espinela y sílice amorfa libre. La estructura cristalina y composición de la espinela está todavía en discusión. Estudios de microanálisis recientes indican que se trata de un aluminio silicato con estructura de γ -Al₂O₃ conteniendo alrededor de 8 % en peso de SiO₂.

Fase de descomposición. La sílice amorfa liberada anteriormente, muy reactiva, facilita la formación de fundido eutéctico a 990°C, correspondiente al eutéctico de fusión del feldespato potásico con sílice.

Cerca de los 1075 °C la fase espinela se transforma en mullita, denominada mullita primaria. La morfología de esta fase es escamosa y partículas muy pequeñas (< 0.5 μ m). Analíticamente esta mullita parece ser rica en alúmina, con composiciones próximas a la 2:1 (2Al₂O₃·SiO₂)

Cerca de 1200 °C se forma la mullita en el residuo de las partículas de feldespato, obteniéndose la denominada mullita secundaria. La morfología de esta fase es acicular y las partículas son grandes (>1 μ m). Analíticamente esta mullita parece ser rica en sílice, con composiciones próximas a la 3:2 (3Al₂O₃·2SiO₂)

Una tercera forma de mullita surge en los bordes de los granos de alúmina, en porcelanas aluminosas, denominada mullita terciaria, que se forma a temperaturas superiores a 1300°C. Son partículas pequeñas de 50nmx10nmx10nm. La contracción es fuerte, aproximadamente un 30% en volumen. La alúmina ya no es extraíble por ácidos.

Fase de fusión. Se inicia a los 1500°C, dependiendo de las impurezas. Cuando las hay, funden las primeras y forman vidrios que disuelven mullita, espesándose; rellenan los poros finos y disminuye la porosidad de los objetos cocidos a temperaturas suficientemente elevadas para que aparezcan vidrios.

Las impurezas frecuentes de la arcilla (álcalis, cal, magnesia, óxidos de hierro, sal, sílice, feldespatos, mica, etc.) influyen mucho, especialmente en su comportamiento a altas temperaturas: forman vidrios, anticipan la fusión y son causa de grandes

deformaciones del objeto. Algunas también modifican el color (óxidos de hierro y de manganeso).

Espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF)

La espectrometría de rayos X, es un método de análisis elemental cualitativo y cuantitativo no destructivo, basado en la medición de longitudes de onda o energía de rayos X, emitidas por la muestra después de ser bombardeada por una radiación primaria. La fluorescencia de rayos X (FRX) es una técnica espectroscópica que utiliza la emisión secundaria o fluorescente de radiación X generada al excitar una muestra con una fuente de radiación X. (E. Zapata C et al, 2006).

La energía absorbida por los átomos de la muestra genera la producción de rayos X secundarios, ó de fluorescencia emitidos por la muestra. Estos rayos X secundarios tienen una intensidad proporcional a la concentración de cada elemento de la muestra, por ello, al cuantificar esta radiación se determina la cantidad de cada elemento presente en la muestra. (E. Zapata C et al, 2006).

Ello se debe a que la radiación X incidente o primaria expulsa electrones de capas interiores del átomo. Los electrones de capas más externas ocupan los lugares vacantes, el exceso energético resultante de esta transición se disipa en forma de fotones, radiación X fluorescente o secundaria, con una longitud de onda característica que depende del gradiente energético entre los orbitales electrónicos implicados y, una intensidad directamente relacionada con la concentración del elemento en la muestra.

El bombardeo de los átomos con fotones de energía suficientemente alta hace que los electrones de las órbitas internas de los átomos salten al exterior tal como se muestra.

Este proceso se llama efecto fotoeléctrico y genera la formación de un ion positivo atómico. Los electrones de las orbitas externas de este ion se desplazan a ocupar la vacante en orbitas internas, así el exceso de energía se libera en forma de un fotón de rayos X secundario. De esta manera se inicia una serie de desplazamientos de electrones de las órbitas externas a las internas. (D. Martínez B et al, 2006).

La emisión de fotones de series K se presenta. Los detectores de rayos X recogen todos los fotones emitidos por muestra y analizan sus energías. La energía de fotones secundarios emitidos por la muestra es única para los átomos que la componen. Al ser energías de los distintos niveles electrónicos características para cada tipo de átomos, la radiación X emitida será característica para cada elemento, y, en principio, no dependerá de la sustancia química en la que se encuentre, ya que, en general, estas radiaciones están originadas por transiciones entre los niveles electrónicos internos, cuyas energías no se ven afectadas por el tipo de enlace existente.

Analizando la intensidad de diferentes líneas presentes en espectro de rayos X emitidos por muestra se puede identificar la composición atómica de la muestra. Existen tres tipos básicos de instrumentos de fluorescencia de rayos X: los dispersivos de longitud de onda, los dispersivos de energías y los no dispersivos (D. Martínez B et al, 2006).

pasos para el diseño de la mezcla por el método del aci.

Este procedimiento considera nueve pasos para la proporción de mezclas de concreto normal, incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba. (Instituto Americano del Concreto (ACI 211), se incluyen en los siguientes pasos:

Elección del asentamiento.

podemos seleccionar un valor adecuado para el determinado trabajo que se va a realizar.

Tabla 7

Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

TIPO CONSTRUCCION	MAXIMO	MINIMO
Zapata armada	3"	1"
Zapata simple	3"	1"
Viga y muro armado	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: tecnología del concreto (teoría y problemas)

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥ 5"

Fuente: tecnología del concreto (teoría y problemas)

Elección de tamaño máximo nominal del agregado

El tamaño máximo del agregado deberá ser el mayor que sea económicamente compatible con las dimensiones de la estructura; en la medida en que el tamaño máximo del agregado grueso (piedra) nunca será mayor de:

1/5 de la dimensión más angosta entre caras del cemento.

1/3 del espesor de las caras.

3/4 de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores

Determinación del agua de mezclado y contenido de aire.

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesario para obtener el asentamiento deseado, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incorporado, no siendo apreciablemente afectado por la cantidad de cemento.

Tabla 8

Aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximo de agregado.

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en lit/m ³ de concreto para los tamaños máximo Nominales de agregados y asentamiento indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154		113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Cantidad aproximada de aire atrapado en %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----
Promedio para el contenido total de aire en %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: tecnología del concreto (teoría y problemas)

Elección de la relación agua-cemento (a/c)

la relación agua – cemento requerido es determinada teniendo en consideración no solamente la resistencia sino también factores como durabilidad y propiedades de acabado del concreto.

Tabla 9*Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto*

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'c) (kg/cm2)	RELACION AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-----
420	0.41	-----
450	0.38	-----

Fuente: tecnología del concreto (teoría y problemas)

cálculo del contenido de cemento.

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezcla (paso 3) dividido entre la relación agua – cemento (paso 4).

Contenido de cemento (kg/m³) = agua mezclada (kg/m³) /relación a/c (para f'cp)

si las especificaciones indican un contenido mínimo de cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que conduzca a una mayor cantidad de cemento.

Estimación del contenido de agregado grueso

Los agregados de esencialmente el mismo tamaño máximo y granulometría, producirán concreto de satisfactoria trabajabilidad, cuando un volumen dado de agregado grueso seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto

$$\boxed{\text{Cantidad de agregado grueso (kg)}} = \boxed{\text{Volumen de agregado grueso de la tabla N° 11 (m}^3\text{)}} \times \boxed{\text{Peso unitario seco y compactado del agregado grueso (kg/m}^3\text{)}}$$

Tabla 10

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO (PULGADAS)	Volumen de A. Grueso Seco y compactado			
	MODULO DE FINEZA DE ARENA GRUESA			3
	2.4	2.6	2.8	0.44
3/8	0.50	0.48	0.46	0.53
1/2	0.59	0.57	0.55	0.6
3/4	0.66	0.64	0.62	0.65
1	0.71	0.69	0.67	0.7
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.72
2.0	0.78	0.76	0.74	0.75
3.0	0.81	0.79	0.77	0.81
6.0	1.87	0.85	0.83	

Fuente: tecnología del concreto (teoría y problemas)

Los valores de agregado grueso mostrado, está en condiciones seca y compactad, tal como se muestra en la norma ASTM C29.

Estimación del contenido de agregado de fino.

Existen 2 metodos para la determinacion del contenido de agregado fino.

Peso A. fino = Peso concreto fresco - (Peso A.Grueso+Peso Cemento+Peso Agua)

Nota: todo la formula esta en unidad de “kgs”.

a). metodo de pesos

geralmente el peso unitario del concreto fresco es conocido con relativa aproximacion de experiencias previas con los materiales a ser utilizados en obra.

$P.U. = 10*(Pe\ ag)*(100-A) + C(1-Pe.\ ag/Pe.\ ce)-W(pe.\ ag-1)$

Donde:

P.U. = Peso del concreto fresco.(kg/m³)

Pe. ag = Peso específico promedio del agregado fino y grueso en condiciones S.S.S.

Pe. c = Peso específico del cemento.

A = Contenido de aire.

B = Agua de mezclado. (kg/m³)

C = Cantidad de cemento requerido. (kg/m³)

b). Metodo de los volúmenes absolutos.

Una procedimientos mas exacto para el calculo de la cantidad de agregado fino por metro cubico de cemento, implica el empleo de los volúmenes desplazados por los ingredientes o volúmenes absolutos de los mismos.

Volumen = peso seco/peso específico

Tabla 11

primera estimacion del peso del concreto fresco

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE AGREGADO GRUESO	PESO DEL CONCRETO EN Kg/m ³	
	SIN AIRE	CON AIRE
3/8	2285	2190
1/2	2315	2235
3/4	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2	2445	2375
3	2465	2400
6	2505	2435

Fuente: tecnología del concreto (teoría y problemas)

Ajuste por contenido de humedad de los agregados.

Generalmente los agregados utilizados en la preparacion de un concreto, se encuentran humedos por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que contenga, tanto agua absorbida como superficial. Por lo tanto:

Agregado Humedad total = $Wg\%$

 Absorción = $ag\%$

Agregado fino Humedad total $af\%$

 Absorción = $af\%$

Peso del agr. Fino (kg) = peso del agregado grueso seco (kg) x $Wg\%$

Peso del agregado fino humedo (kg) = Peso del agregado fino seco (kg) x $Wf\%$

Agua en agregado = Peso del agregado grueso seco (kg) x $(Wf\% - ag\%) = X$

Agua en agregado fino = Peso del agregado fino seco (kg) x $(Wf\% - af\%) = Y$

Por lo tanto: Agua efectiva = Agua de diseño - $(X + Y)$

Ajuste de las mezclas o coladas de prueba.

Las proporciones de la mezcla, calculadas siguiendo estas recomendaciones deben ser comprobadas, para la cual se prepara mezcla de ensayo o de prueba con los materiales a ser empleados en obra, de acuerdo a la norma C192 del ASTM.

Planificación y Plan de Implantación.

Debido a que es un material durable, fácil de moldear, resistente a la compresión y económico, el concreto es uno de los materiales de construcción más usado en el mundo. Lamentablemente, hay ocasiones donde estas propiedades positivas no se reflejan en las obras debido a diversos factores, entre ellos está un inadecuado control de calidad durante el proceso constructivo.

La resistencia a la compresión puede medirse de manera precisa, a fin de garantizar que el concreto colocado en la estructura de una edificación cumpla con las exigencias de los planos estructurales. De esta manera, se lleva a cabo el control de calidad del material.

Para realizar el denominado ensayo de compresión o rotura de probetas, se requiere elaborar probetas cilíndricas de 15x30cm. (a partir de una muestra de concreto obtenida en la misma obra); estas se almacenan durante 28 días y luego deben ser llevadas a un laboratorio de estructuras, por ejemplo, de una universidad, para los respectivos ensayos. Para ello es necesario realizar las siguientes 04 partes:

Una muestra es una porción de concreto recién preparado con el que se harán las probetas. Como se trata de comprobar su resistencia, su volumen no debe ser menor de $1p^3$ (una bolsa de cemento). Cuando se trate de concreto preparado en mezcladora, las muestras serán obtenidas a la mitad del tiempo de descarga de la mezcladora.

Es importante tener en cuenta que las muestras deben ser representativas del concreto colocado en el encofrado, no debemos seleccionarlas en base a otro criterio que pueda interferir con el propósito del muestreo. Además, debemos protegerlas del sol y del viento desde que se extraen hasta que se ponen en los moldes de las probetas. Esta acción debe durar máximo 15 minutos. Finalmente, se debe anotar el origen de la muestra según la ubicación donde se ha vaciado en la estructura

Equipo y Herramientas:

Los moldes utilizados para la elaboración de las probetas deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no se mezcle con el cemento. Deben ser muy resistentes como para soportar las condiciones del trabajo de moldeado y tener la forma de un cilindro recto de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de alto, tal como se observa en la cuadro .

Para la compactación y moldeado se requiere de una barra de acero liso y circular, de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud; uno de sus extremos debe ser redondeado, tal como se observa en la cuadro

Para echar el concreto dentro del molde es necesario un cucharón metálico.

Debe usarse un martillo con cabeza de goma con un peso aproximado de 600 gramos, para golpear el molde suavemente y liberar las burbujas de aire, tal como se observa en al siguiente cuadro.

Un recipiente metálico grueso de tamaño apropiado o una carretilla limpia de superficie no absorbente y con capacidad suficiente para la toma, traslado y remezclado de la muestra completa.

Para darle un buen acabado a la superficie del concreto en el molde, se usa una plancha

Procedimiento:

Seleccionar un espacio apropiado en la obra para elaborar las probetas. Este espacio debe cumplir los siguientes requisitos:

Debe tener una superficie horizontal, plana y rígida.

Debe estar libre de vibraciones.

De preferencia, debe tener un techo a fin de moldear las probetas bajo sombra.

Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeado, verificar lo siguiente:

Los dispositivos de cierre de los moldes (pernos), deben estar en perfectas condiciones.

Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.

La perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento

La superficie interior de los moldes debe estar limpia.

Para desmoldar con facilidad, se puede aplicar una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.

Se toma la muestra de concreto en el recipiente metálico destinado para ese fin

El moldeado de la probeta se realiza en tres capas, cada una de ellas de 10 cm. de altura, según el siguiente detalle: Primera Capa, tal como se muestra en la siguiente cuadro.

Colocar la mezcla en el molde y mezclarla con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja.

Compactar la primera capa en todo su espesor, mediante 25 inserciones ("chuzeadas") con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla. El extremo redondeado de la varilla va hacia abajo.

Una vez culminada la compactación de esta capa, golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas en el interior de la mezcla.

Segunda Capa, como se indica en la siguiente cuadro.

Colocar la mezcla en el molde y distribuir de manera uniforme con el cucharón.

Compactar con 25 "chuzeadas" con la varilla lisa. La varilla debe ingresar 1 pulgada en la primera capa.

Luego golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire. Tercera Capa, tal como se observa en la siguiente cuadro.

En esta última capa, agregar suficiente cantidad de mezcla para que el molde quede lleno.

Compactar esta tercera capa también mediante 25 "chuzeadas" con la varilla lisa, teniendo cuidado que estén uniformes y distribuidas en toda la masa recién colocada. No olvidar que en cada inserción la varilla debe ingresar 1 pulgada en la segunda capa.

Culminada la compactación, golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire de la mezcla.

Nivelar el exceso de mezcla con la varilla lisa de compactación.

Dar un buen acabado con la plancha para obtener una superficie lisa y plana.

Pega una etiqueta de papel en la parte externa del molde para identificar las probetas con la siguiente información, como se indica en la siguiente cuadro:

Después de su elaboración, las probetas deben transportarse inmediatamente y con mucho cuidado al lugar de almacenamiento.

Retirar el molde con mucho cuidado. Esto se hace 24 horas después de su elaboración.

Posteriormente, toda la información escrita en la etiqueta de papel tendrá que escribirse sobre la probeta utilizando un plumón indeleble y cuidando de no malograr su superficie.

Después de haber sido desmoldadas, curar las probetas inmediatamente, colocándolas en recipientes con agua potable. El agua debe cubrir completamente todas las caras de las probetas.

Prueba de resistencia a la compresión del concreto.

La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto se puede diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura.

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.

La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en mega pascales (MPa) en unidades SI.

Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa para concreto residencial hasta 28 MPa y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 170 MPa y más.

¿Por qué se determina la resistencia a la compresión?

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, f'_c , del proyecto.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensayo de concreto en campo”.

Para estimar la resistencia del concreto in situ, la norma ASTM C31 formula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se

someten a ensayo de acuerdo a ASTM C39, “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto”.

Un resultado de prueba es el promedio de, por lo menos, dos pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo a la misma edad. En la mayoría de los casos, los requerimientos de resistencia para el concreto se realizan a la edad de 28 días.

Al diseñar una estructura los ingenieros se valen de la resistencia especificada, $f'c$, y especifican el concreto que cumpla con el requerimiento de resistencia estipulado en los documentos del contrato del proyecto. La mezcla de concreto se diseña para producir una resistencia promedio superior a la resistencia especificada de manera tal que se pueda minimizar el riesgo de no cumplir la especificación de resistencia. Para cumplir con los requerimientos de resistencia de una especificación de proyecto se aplican los siguientes dos criterios de aceptación:

El promedio de tres ensayos consecutivos es igual o supera a la resistencia especificada, $f'c$. Ninguno de los ensayos de resistencia deberá arrojar un resultado inferior a $f'c$ en más de 3.45 MPa, ni ser superior en más de 0.10 $f'c$, cuando $f'c$ sea mayor de 35 MPa.

Resulta importante comprender que una prueba individual que caiga por debajo de $f'c$ no necesariamente constituye un fracaso en el cumplimiento de los requerimientos del trabajo.

Cuando el promedio de las pruebas de resistencia de un trabajo caiga dentro de la resistencia promedio exigida, $f'c$, la probabilidad de que las pruebas de resistencia individual sean inferiores a la resistencia especificada es de aproximadamente 10% y ello se tiene en cuenta en los criterios de aceptación.

Cuando los resultados de las pruebas de resistencia indican que el concreto suministrado no cumple con los requerimientos de la especificación es importante reconocer que la falla puede radicar en las pruebas, y no en el concreto. Ello es particularmente cierto si la fabricación, manejo, curado y pruebas de los cilindros no se realizan en conformidad con los procedimientos estándar. Ver “Baja resistencia de cilindros de concreto”, revista C y T , marzo 2006.

Los registros históricos de las pruebas de resistencia se utilizan para establecer la resistencia promedio deseada de mezcla de concretos para obras futuras.

Cómo realizar la prueba de resistencia del concreto.

Las cilindros para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm), cuando así se especifique.

Las probetas más pequeñas tienden a ser más fáciles de elaborar y manipular en campo y en laboratorio.

El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.

El registro de la masa de la probeta antes de cabecearla constituye una valiosa información en caso de desacuerdos.

Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se cabecean con mortero de azufre (ASTM C 617) o con almohadillas de neopreno (ASTM C 1231). El cabeceo de azufre se debe aplicar como mínimo dos horas antes y preferiblemente un día antes de la prueba.

Las almohadillas de neopreno se pueden usar para medir las resistencias del concreto entre 10 a 50 MPa. Para resistencias mayores de hasta 84 Mpa se permite el uso de las almohadillas de neopreno siempre y cuando hayan sido calificadas por pruebas con cilindros compañeros con cabeceo de azufre. Los requerimientos de dureza en durómetro para las almohadillas de neopreno varían desde 50 a 70 dependiendo del nivel de resistencia sometido a ensayo. Las almohadillas se deben sustituir si presentan desgaste excesivo.

No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.

El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más de 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.

Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002pulgadas (0.05 mm).

Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 0.15 a 0.35 MPa/s durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.

La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura entre el área promedio de la sección. ASTM C 39 presenta los factores de corrección en caso de que la razón longitud diámetro del cilindro se halle entre 1.75 y 1.00, lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos dos cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba, al intervalo más próximo de 0.1 MPa.

El técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura y todo defecto que presenten los cilindros o su cabeceo. Si se mide, la masa de los cilindros también deberá quedar registrada.

La mayoría de las desviaciones con respecto a los procedimientos estándar para elaborar, curar y realizar el ensayo de las probetas de concreto resultan en una menor resistencia medida.

El rango entre los cilindros compañeros del mismo conjunto y probados a la misma edad deberá ser en promedio de aproximadamente. 2 a 3% de la resistencia promedio. Si la diferencia entre los dos cilindros compañeros sobrepasa con demasiada frecuencia 8%, o 9.5% para tres cilindros compañeros, se deberán evaluar y rectificar los procedimientos de ensayo en el laboratorio.

Los resultados de las pruebas realizadas en diferentes laboratorios para la misma muestra de concreto no deberán diferir en más de 13% aproximadamente del promedio de los dos resultados de las pruebas.

Si uno o dos de los conjuntos de cilindros se truenan a una resistencia menor a f'_c , evalúe si los cilindros presentan problemas obvios y retenga los cilindros sometidos a ensayo para examinarlos posteriormente. A menudo, la causa de una prueba malograda puede verse fácilmente en el cilindro, bien inmediatamente o mediante examen petrográfico. Si se desechan o botan estos cilindros se puede perder una oportunidad

fácil de corregir el problema. En algunos casos se elaboran cilindros adicionales de reserva y se pueden probar si un cilindro de un conjunto se truena a una resistencia menor.

Una prueba a los tres o siete días puede ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio, pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.

La norma ASTM C1077 exige que los técnicos del laboratorio que participan en el ensayo del concreto deben estar certificados.

Los informes o reportes sobre las pruebas de resistencia a la compresión son una fuente valiosa de información para el equipo del proyecto para el proyecto actual o para proyectos futuros.

Operacionalización de variable:

Tabla: 12

Variable dependiente:

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Resistencia del concreto a la compresión	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 bajo una carga 210 Kg.	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla: 13

Variable independiente:

Variable	Definición operacional	Indicador
Adición de arcilla de Tarica - Huaraz (arcilla blanca)	sustitución del caolín activado mecánicamente de tarica - Huaraz (arcilla blanca) en el porcentaje del cemento en el diseño de concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$	porcentaje 5%, y 10%.

Fuente: Elaboración propia.

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis, “Cuando se sustituye en un 5%, y 10% del cemento por caolín activado mecánicamente de Tarica - Huaraz, se llegaría a una resistencia a la compresión de un concreto $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ “

El objetivo General del presente estudio es: Determinar la resistencia de un concreto cuando se sustituye en un, 5% y 10% del cemento por el caolín activada mecánicamente de Tarica - Huaraz, se llegaría a mejorar la resistencia a la compresión de un concreto $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$. Y como objetivos específicos:

Determinar los límites de atterberg del caolín (arcilla) de Tarica – Huaraz

Determinar el óxido de la arcilla – mecánicamente con prueba de rayos. x la Fluorescencia.

Determinar la relación A/C de la probeta patrón y de la experimental sustituida en 5% Y 10% de caolín activada mecánicamente de Tarica – Huaraz.

Determinar la resistencia a compresión de las probetas patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado y comparar sus resultados.

Comparación de resultados.










II. METODOLOGIA

la presente investigación proponemos aplicar las nuevas tecnologías halladas en nuestro diseño de mezcla que cumplirán con los estándares de calidad y normativa. Ya que esto nos permitirá utilizar el caolín de Tarica para fabricar nuestro concreto que cumplan con los índices de resistencia señaladas por las normas.

Es un diseño experimental porque es un proceso en el cual estudiaremos el diseño convencional del concreto en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de caolín activada, el estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

Tabla 14

Diseño de bloque completo Alazar

días de curado	resistencia del concreto con porcentajes de caolín activada mecánicamente de - tarica – Huaraz - Áncash		
	patrón	5%	10%
7			
14			
28			

Fuente: Elaboración propia

la población está conformada por el conjunto de probetas que se elaboraran en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad san pedro y la muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística, que en esta investigación se trabajó con 27 cilindros de concreto ,9 sin sustitución de cemento, 9 con sustitución de cemento al 5 % por caolin y 9 con sustitución de cemento al 10% por caolin de la localidad de tarica. y el diseño de concreto según el estándar de

construcción establecido $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para lo cual se tuvo como materiales a los agregados grueso y fino, cemento, arcilla entre otros.

Tabla 15

Técnicas de Recolección de Información

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento
La Observación	Ficha de observación del Laboratorio de Mecánica de suelo y ensayo de materiales

Fuente: Elaboración propia

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

proceso y análisis de los datos.

Los datos obtenidos del laboratorio respecto a las resistencias a la compresión del concreto han sido ingresados a una hoja de cálculo de Microsoft Excel donde se realizarán los cálculos matemáticos y en el Software estadístico SPSS versión 22.0 en español se realizó la prueba de hipótesis a través de la prueba estadística de la ANOVA.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

Guía de Registro realizados por nosotros mismos, para ver el avance de nuestros morteros, estos instrumentos fueron validados por la opinión de dos expertos sobre el tema.

caolín de tarica (arcilla blanca)

Ubicación: la cantera se encuentra ubicado en:

Departamento : Áncash

Provincia : Huaraz

Distrito : Tarica

Ubicación de la cantera de caolín en distrito de Tarica



Figura 3

*Caolín del distrito de tarica activada a temperatura ambiente.
Ensayo botella.*



Figura 4

Se introdujo la arcilla en un recipiente plástico con un determinado volumen de agua con la finalidad de separar de la arena y limo en un lapso de una hora.

caolín natural activada mecánicamente.

i. fase 1

Las raíces, hojas y piedras presentes en el caolín fueron separados, luego se pasó a triturar el caolín que se había compactado por el traslado. Se pesó las muestras del caolín de 2.5 Kg., luego se pasó por un colador con la finalidad de seguir separándola

de piedra y material impregnado en el caolín, este proceso se realizó 02 veces a fin de no desperdiciar el caolín.

ii. Fase 2

Colocamos nuestras muestras de 1kgs. en un recipiente donde agregamos agua a nuestro material y agitamos con una vara de madera, luego se vertió nuestra, mezcla en un recipiente condicionado con una malla de 0.002mm de diámetro.

Donde paso casi en su totalidad la mezcla de caolín y agua. mediante este proceso hacemos que cambie la composición química del caolín por último se dejó reposa la por 48 horas bajo la sombra.

iii. Fase 03

Luego de las 48 horas el caolín y el agua se separaron y ser procedió a extraer el agua, luego el caolín se colocó en recipiente alargados para su secado bajo sombra. Este proceso demoro 8 días

iv. Fase4

Luego de haber secado nuestro caolín la trituramos y lo volvemos a pasar por una malla de 0.002mm de diámetro. De esta manera obtuvimos caolín natural limpia y activa la cual utilizamos en la elaboración de nuestro concreto en esta investigación.

El análisis granulométrico del agregado grueso y fino (norma astm c 136 y ntp 400.037)

Este ensayo consiste en la determinar la distribución de tamaños de los agregados tanto finos como gruesos. La gradación de los agregados es un factor muy importante para la mezcla de concreto, ya que de este factor dependen la economía, manejabilidad y la resistencia de la mezcla.

El análisis o prueba de tamices se lleva a cabo cerniendo los agregados a través de una serie de tamices o cedazos enumerados. Cada tamiz tiene un diámetro igual a la mitad del diámetro del tamiz que le precede. Esta numeración varía debido al grueso del alambre utilizado para la malla. El uso de todos los tamices dependerá de la precisión que se requiera o de las especificaciones, ya que en ocasiones sólo

utilizaremos algunos de ellos. Se conoce como agregado fino a todo aquel que pasa a través del tamiz de 3/8" y el #4 y es retenido casi completamente en el tamiz #200.

Agregado grueso es aquel que se retiene en el tamiz #4.

El módulo de finura denota la finura relativa de la arena, se define como una centésima de la suma de los porcentos retenidos acumulados hasta el tamiz #100 en la prueba de tamices de la arena.

La densidad es una propiedad física de los agregados y está definida por la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, lo que significa que depende directamente de las características del grano de agregado.

Como generalmente las partículas de agregado tienen poros tanto saturables como no saturables, dependiendo de su permeabilidad interna pueden estar vacíos, parcialmente saturados o totalmente llenos de agua se genera una serie de estados de humedad a los que corresponde idéntico número de tipos de densidad; lo que más interesa en el campo de la tecnología del concreto y específicamente en el diseño de mezclas es la densidad aparente que se define como la relación que existe entre el peso del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluidos todos los poros (saturables y no saturables).

Este factor es importante para el diseño de mezclas porque con él se determina la cantidad de agregado requerido para un volumen unitario de concreto, debido a que los poros interiores de las partículas de agregado van a ocupar un volumen dentro de la masa de concreto ya demás porque el agua se aloja dentro de los poros saturables.

El Peso Unitario es la relación del peso del agregado entre su volumen considerando los vacíos que tenga el material. Es la diferencia con la gravedad específica, donde se eliminan los vacíos.

El Peso Unitario se puede determinar para el agregado fino, para el grueso o para el agregado global.

III RESULTADOS

Resultado de límites de atterberg del caolín activado mecánicamente de tarica – Huaraz.

Tabla n° 16.

Límite Líquido

N°de tarro	15	29	21
Tarro + S. Húmedo	55.38	58.16	60.61
Tarro + S. Seco	47.19	49.24	51.47
Peso del Agua	8.19	8.92	9.14
Peso del Tarro	26.88	26.72	26.98
Peso del Suelo Seco	20.31	22.52	24.49
% de Humedad	40.32	39.61	37.32
N° De Golpes	18.00	27.00	35.00
Promedio		39.09	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla n° 17.

Límite Plástico

N°de tarro	12	3
Tarro + S. Húmedo	33.04	33.57
Tarro + S. Seco	31.68	31.9
Peso del Agua	1.36	1.67
Peso del Tarro	26.21	26.57
Peso del Suelo Seco	5.47	5.33
% de Humedad	24.86	31.33
Promedio	28.10	

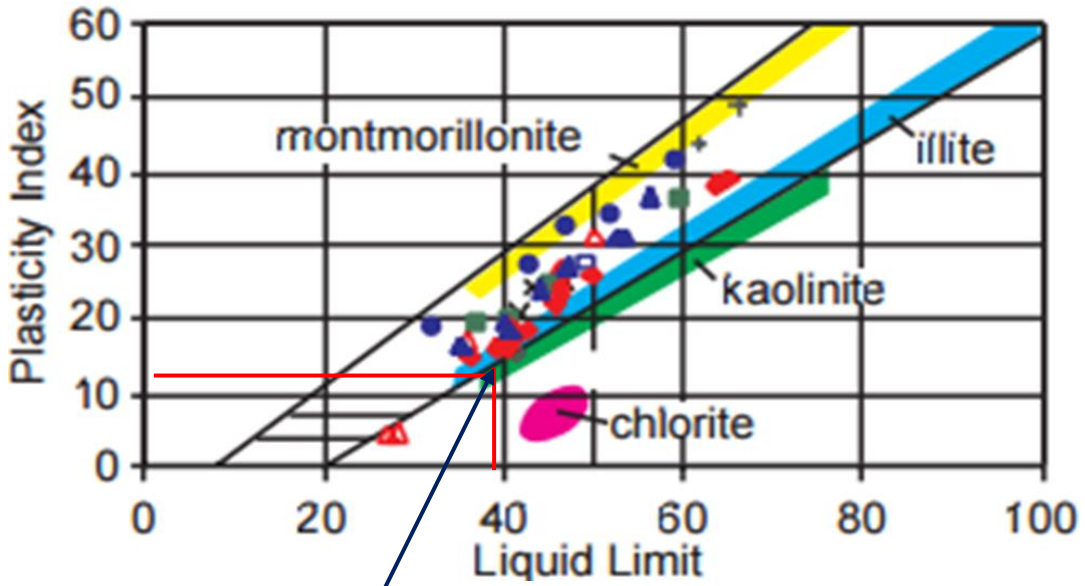
Fuente: Elaboración Propia.

Muestra	L.L	L.P	I.P
1	39.09	28.10	10.99

DIAGRAMA DE HOLTZ AND KOVACS

Tabla 18

clasificación del tipo de caolín activado mecánicamente de Tarica.



Fuente: Elaboración Propia.

Kaolinite

En el presente cuadro se observa que la intersección entre el límite plástico y el índice de plasticidad de la arcilla de tarica, está en la región de la Kaolinite.

Tabla 19
Composición química del caolín mecánicamente activado expresada como elemento

Composición química	Resultados (%)	Método utilizado
Aluminio	21,05	
Silicio	58,30	
Calcio	3,613	
Magnesio	0,003	
Cobre	0,002	
Hierro	14,26	
Zinc	0,001	Espectrofotometría de absorción atómica
Sodio	1,650	
Potasio	1,019	
Azufre	0,054	
Fosforo	0.048	

Fuente: Elaboración Propia, con los datos del informe técnico N° 1235 - 17. UNI

El análisis de la composición química de la arcilla de Tarica – Huaraz, se realizó en el laboratorio N° 12 (LABICER), de la facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, cuyo equipo utilizado fue el Microscopio electrónico de barrido con sonda de espectroscopia de energía dispersiva (EDS). SEM, Carls Zeiss EVO-10 MA. Sonda EDS, Oxford X-Max.

Los resultados indican que la arcilla de Tarica – Huaraz, tiene Silicio 58.30%, Aluminio 21.05%, Hierro 14.26%, Calcio 3.613%, Sodio 1.650% y Potasio 1.019% entre sus principales componentes.

Tabla 20.

composición química expresado como óxidos del caolín mecánicamente activado de tarica – Huaraz

composición química	Resultados (%)	método utilizado
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	20,54	
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	64,40	
Óxido de Calcio (CaO)	2,611	
Óxido de Magnesio (MgO)	0,002	
Óxido de Cobre (CuO)	0,001	Espectrofotometría de absorción atómica
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	10,54	

Fuente: Elaboración Propia, con los datos del informe técnico N° 1235 - 17. UNI.

El análisis de la composición química expresado como óxidos de la arcilla de Tarica – Huaraz, se realizó en el laboratorio N° 12 (LABICER), de la facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, cuyo equipo utilizado fue el Microscopio electrónico de barrido con sonda de espectroscopia de energía dispersiva (EDS). SEM.

Los resultados indican que la arcilla de Tarica – Huaraz, tiene el 20,54% de Trióxido de Aluminio, 64,40% de óxido de Silicio, 10,54% de Trióxido de Hierro, 2,611% Óxido de Calcio, 1,145% Óxido de Sodio y 0,634% Óxido de Potasio entre sus principales componentes de óxidos.

Tabla 21.

composición química expresado como óxidos del cemento portland tipo i y de la arcilla de tarica.

Cemento Portland tipo I		Caolín de Tarica	
Óxido de calcio	64 %	Óxido de Calcio (CaO)	2,611 %
Óxido de silicio	21 %	Dióxido de Silicio (SiO ₂)	64,40 %
Óxido de aluminio	5,5 %	Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	20,54 %
Óxidos de hierro	4,5 %	Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	10,54 %
Óxido de magnesio	2,4 %	Óxido de Magnesio (MgO)	0,002 %
Sulfatos	1,6 %	Óxido de Cobre (CuO)	0,0015 %

En el presente cuadro observamos: la comparación de la composición química expresado como óxidos del cemento portland tipo I y de la arcilla de Tarica – Huaraz, el cemento tiene al oxido de calcio como su mayor componente a razón del 64%,

mientras que en la arcilla solo se observa al óxido de calcio en una mínima cantidad a razón del 2.611%.

El óxido de silicio en el cemento representa al 21% de su composición, mientras que en la arcilla este óxido representa al 64.40%.

El óxido de aluminio presente en el cemento es de 5.5%, mientras que en la arcilla el trióxido de aluminio es el componente mayoritario a razón del 20.54%.

El óxido de hierro en el cemento representa al 4.5%, mientras que en la arcilla el trióxido de hierro representa al 10.54%.

El óxido de magnesio presente en el cemento representa al 2.4%, mientras que en la arcilla es de 0.002%.

Tabla 22.

Dosificación de material por cada probeta, para Concreto patrón

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	1.84	Kg.
ARENA GRUESA	5.98	Kg.
ARCILLA	0.00	Kg.
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg.
AGUA DE MEZCLADO	1.12	Lit.

Fuente: *elaboración propia*

Tabla 23

Dosificación de material por cada probeta para Concreto con sustitución del 5 % de caolín activada mecánicamente con agua a temperatura ambiente en el cemento.

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	1.748	Kg.
ARENA GRUESA	5.98	Kg.
ARCILLA	0.092	Kg.
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg.
AGUA DE MEZCLADO	1.12	Lit.

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 24

Dosificación de material por cada probeta para Concreto con sustitución del 10 % de caolín activada mecánicamente con agua a temperatura ambiente en el cemento.

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	1.656	Kg.
ARENA GRUESA	5.98	Kg.
ARCILLA	0.184	Kg.
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg.
AGUA DE MEZCLADO	1.12	Lit.

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 25.

dosificación de materiales a utilizar para la elaboración de todas las probetas

Materiales	Proporciones finales	Unidades	N°	total
Cemento	1.84	kg	27	47.232
Arena gruesa	5.98	kg	27	161.33
Piedra	5.65	kg	27	152.58
Agua de mezcla	1.12	lit	27	30.35
Arcilla de Tarica	1.84x5%+1.84x10%	kg	9	2.484

Fuente: *Elaboración Propia*

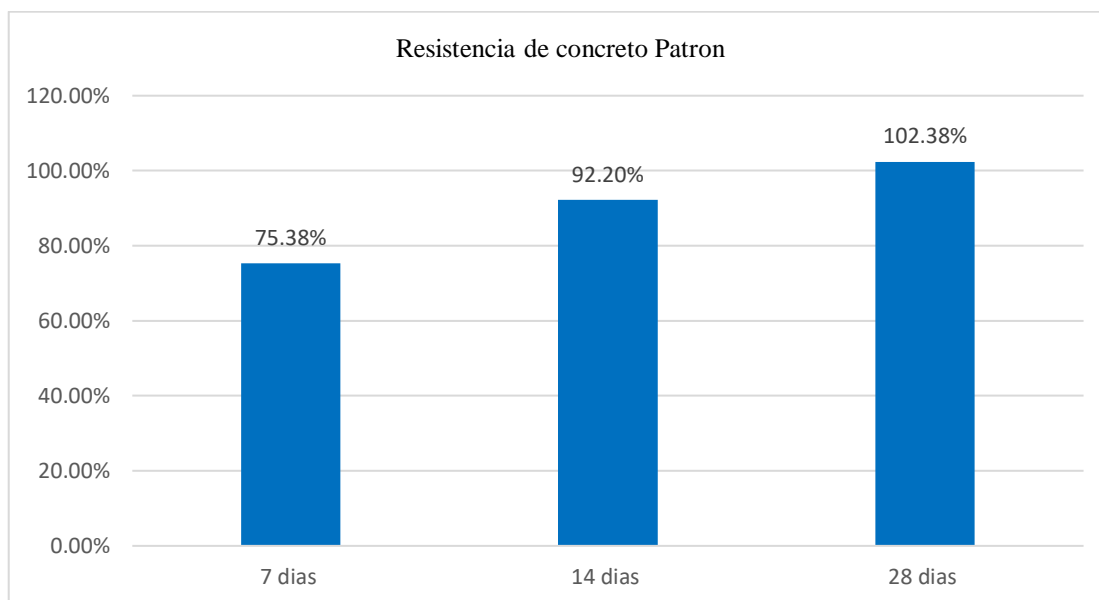
Resistencias obtenidas de los Especímenes de Concreto $f'c=210$ kg/cm

Tabla 26.

Resultados concretos endurecido resistencia a compresión; comparativa de los especímenes de concreto patrón.

Ensayo N°	Edad en días	Diámetro	Área cm	Carga de Ruptura	F'c Ruptura	F'c Proyecto	% Resistencia
1	7	15.24	182.41	28920	158.54	210	75.50%
2	7	15.24	182.41	28720	157.44	210	74.97%
3	7	15.24	182.41	28990	158.92	210	75.68%
4	14	15.24	182.41	35270	193.35	210	92.07%
5	14	15.24	182.41	35580	195.05	210	92.88%
6	14	15.24	182.41	35110	192.47	210	91.65%
7	28	15.24	182.41	38970	213.63	210	101.73%
8	28	15.24	182.41	39210	214.95	210	102.36%
9	28	15.24	182.41	39480	216.43	210	103.06%

Fuente: *Elaboración Propia.*



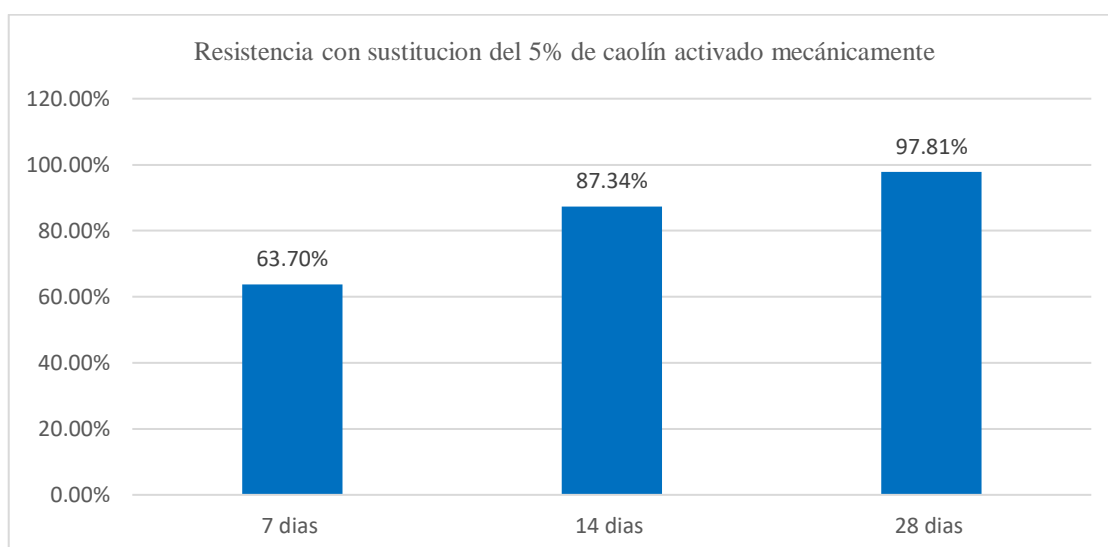
Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 27.

Resistencias obtenidas de los especímenes de concreto experimental $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del 5% del cemento por caolín activado mecánicamente.

Ensayo N°	Edad en días	Diámetro	Área cm	Carga de Ruptura	F'c Ruptura	F'c Proyecto	% Resistencia
1	7	15.24	182.41	23890	130.97	210	62.36%
2	7	15.24	182.41	24430	133.93	210	63.77%
3	7	15.24	182.41	24880	136.39	210	64.95%
4	14	15.24	182.41	32850	180.08	210	85.75%
5	14	15.24	182.41	34310	188.09	210	89.57%
6	14	15.24	182.41	33210	182.06	210	86.69%
7	28	15.24	182.41	37290	204.42	210	97.34%
8	28	15.24	182.41	37800	207.22	210	98.68%
9	28	15.24	182.41	37310	204.53	210	97.40%

Fuente: *Elaboración Propia.*



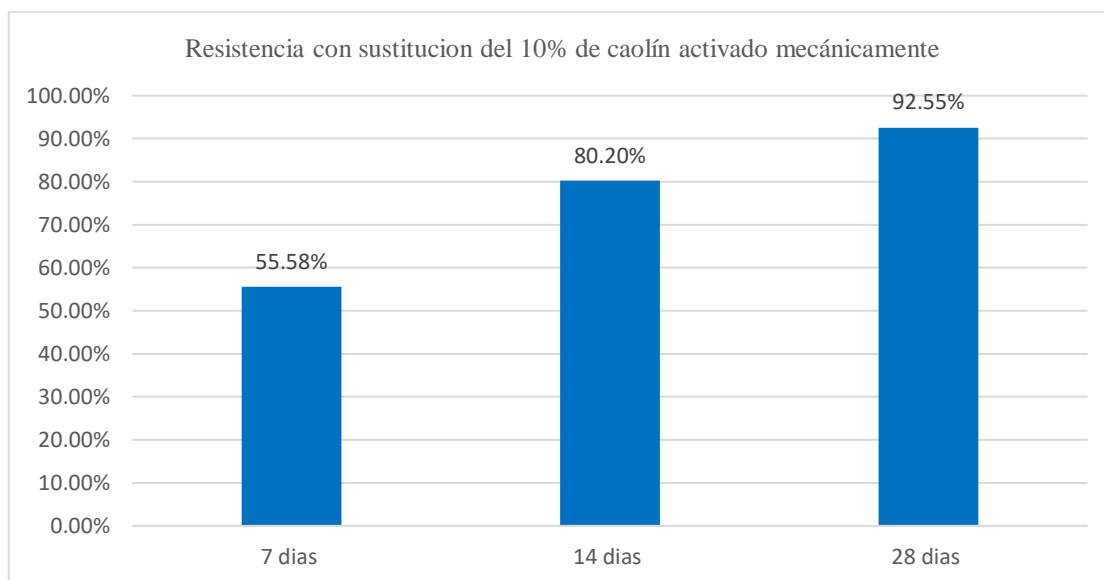
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28.

Resistencias obtenidas de los especímenes de concreto experimental $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del 10% del cemento por caolín activado mecánicamente.

Ensayo N°	Edad en días	Diámetro	Área cm	Carga de Ruptura	F'c Ruptura	F'c Proyecto	% Resistencia
1	7	15.24	182.41	21010	115.18	210	54.85%
2	7	15.24	182.41	21510	117.92	210	56.15%
3	7	15.24	182.41	21810	119.56	210	56.93%
4	14	15.24	182.41	29870	163.75	210	77.98%
5	14	15.24	182.41	30930	169.56	210	80.74%
6	14	15.24	182.41	31370	171.97	210	81.89%
7	28	15.24	182.41	35670	195.54	210	93.12%
8	28	15.24	182.41	35600	195.16	210	92.93%
9	28	15.24	182.41	35090	192.36	210	91.60%

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 29

resistencias promedio obtenidas de los especímenes de concreto patrón y experimental $f'c=210$ kg/cm² con la sustitución del 5% y 10% del cemento por caolín activado mecánicamente.

Edad en días	Concreto		
	Patrón	Experimental 01	Experimental 02
7d	158.30	133.76	117.55
14d	193.62	183.41	168.43
28d	215.00	205.39	194.36

Fuente: Elaboración Propia.

El espécimen del concreto patrón en promedio a los 07 días tiene una resistencia a la compresión de 158.3Kg/cm², a los 14 días tiene una resistencia promedio de 193.62 Kg/cm² y a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 215.00 Kg/cm².

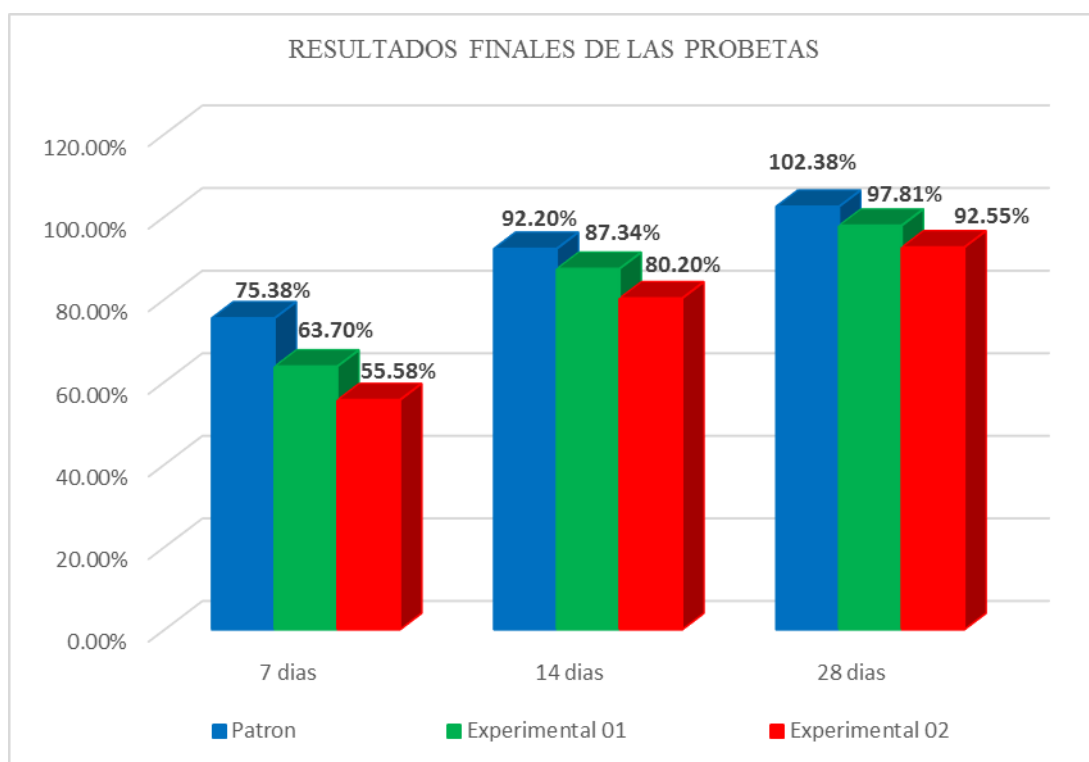
El espécimen experimental con la sustitución del cemento en un 5% por el caolín de Tarica; a los 07 días tiene una resistencia promedio a la compresión de 133.76 Kg/cm², a los 14 días tiene una resistencia promedio de 183.41 Kg/cm² y a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 205.39 Kg/cm².

El espécimen experimental con la sustitución del cemento en un 10% por el caolín de Tarica; a los 07 días tiene una resistencia promedio a la compresión de 117.55 Kg/cm², a los 14 días tiene una resistencia promedio de 168.43 Kg/cm² y a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 194.36 Kg/cm².

Las resistencias de los concretos experimentales en comparación al concreto patrón son menores, esto se debe a que el caolín en su composición química tiene el 62.201% de trióxido de Aluminio.

Tabla 30

Evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales



Fuente: *Elaboración Propia.*

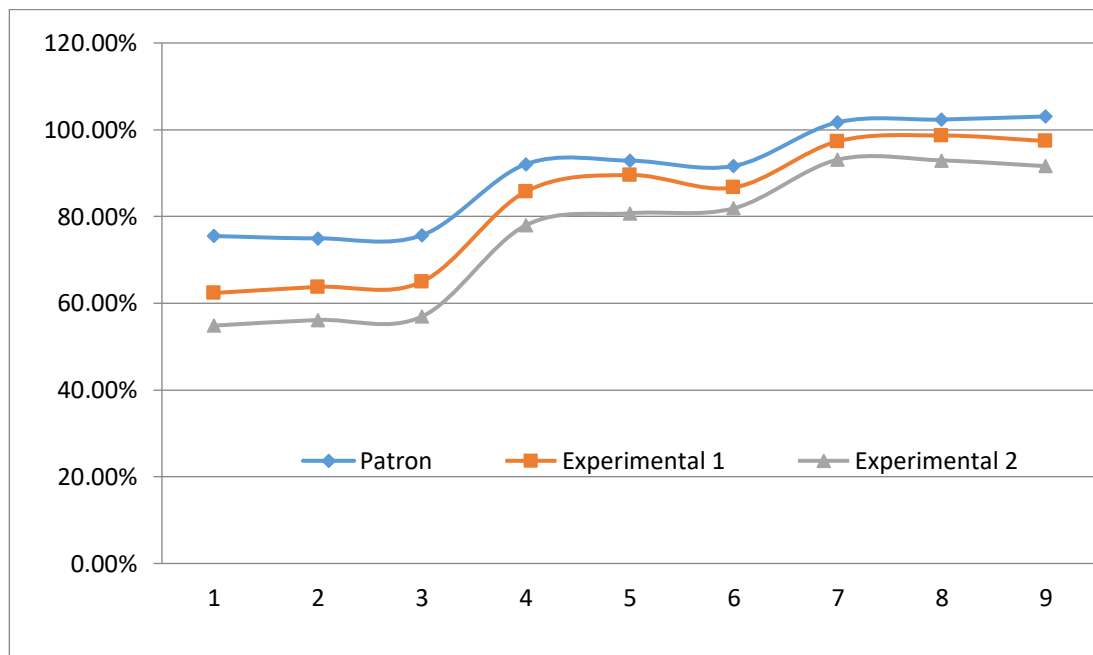
En la presente tabla, se observan las resistencias obtenidas por el concreto patrón y experimentales a los 07, 14 y 28 días. El concreto experimental 01 corresponde a la sustitución del cemento en un 5% por caolín y el concreto experimental 02 corresponde a la sustitución del cemento en un 10% por caolín.

Los tres primeros datos corresponden a las resistencias a los 07 días, las tres siguientes a las resistencias a los 14 días y las tres últimas a las resistencias a los 28 días.

En todos los casos el concreto patrón obtiene mayores resistencias que los concretos experimentales, ya que al agregar caolín que tiene como uno de sus principales componentes dióxido de silicio perjudica la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 31.

Análisis de curva de las probetas



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32.

Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del concreto patrón y experimentales $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Días	7259.59	2	3629.80	114.74	0.0003	6.94
Tipo de Concreto	1250.11	2	625.06	19.76	0.0084	6.94
Error	126.54	4	31.64			
Total	8636.24	8				

Fuente: *Elaboración Propia*

IV. ANALISIS Y DISCUSION

- Según las tablas N° 26, 27 y 28 las resistencias a la compresión del concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del cemento en un 5 y 10% por la caolín activada mecánicamente del distrito de tarica - Huaraz – 2017, se obtiene que a los 28 días el concreto patrón en promedio tiene una resistencia de 215.00 kg/cm^2 ; el concreto experimental con la sustitución del cemento en un 5% por la arcilla activada mecánicamente a temperatura ambiente a los 28 días tiene una resistencia promedio de 205.39 kg/cm^2 ; mientras que el concreto experimental con la sustitución del cemento en un 10% por la arcilla activada mecánicamente a temperatura ambiente a los 28 días tiene una resistencia promedio de 194.36 kg/cm^2 . Estos resultados se deben a la composición de óxidos de la arcilla que tiene como sus principales componentes al dióxido de silicio y trióxido de aluminio y al óxido de silicio, asimismo.
- En las Tablas N° 19 y 20: se puede observar la composición de óxidos del caolín de tarica activada mecánicamente a temperatura ambiente, que tiene al 64,40% de óxido de Silicio, 20.54% de trióxido de aluminio, 10.54% Trióxido de Hierro, 2.611% Óxido de Calcio, 1.145% Óxido de Sodio y 0.634% Óxido de Potasio entre sus Cobre entre sus principales componentes, al tener más del 70% de su composición al silicio y aluminio tiene comportamiento cementante.
- En la tabla N° 33: observamos la comparación de las resistencias a compresión obtenidas a los 07, 14 y 28 días, la resistencia del concreto patrón es superior a las resistencias de los concretos experimentales; sin embargo las resistencias de los concretos experimentales no alcanzaron su resistencia, siendo la misma la relación agua/cemento, esto indica que la caolín de la localidad de tarica activada mecánicamente a temperatura ambiente, es un material que no se puede utilizarse en la elaboración del concreto.
- Las resistencias obtenidas en los especímenes de los concretos experimentales con la sustitución del cemento en un 5 y 10% por el caolín de la localidad de tarica activada mecánicamente a temperatura ambiente, se debe a la composición óxidos

del caolin, ya que tiene como principal componente al trióxido de Aluminio en un 62.201% (el cual es un metal no ferromagnético y sumamente liviano que posee una baja densidad) y en un 20.54% del óxido de Silicio

- La prueba estadística del análisis de la varianza, indica que existen diferencias significativas en las resistencias del concreto patrón frente a los concretos experimentales, mientras que entre los concretos experimentales no existe una diferencia significativa estadísticamente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ El caolín de Tarica – Huaraz, activada a temperatura ambiente al tener más del 70% en su composición de óxidos: óxido de silicio y trióxido de aluminio tiene comportamiento cementante; lo cual facilita su uso para la elaboración del concreto.
- ✓ A los 28 días la resistencia a la compresión del concreto patrón es de 215.00 Kg/cm², del concreto con la sustitución del 5% de cemento por caolín activada mecánicamente de Tarica tiene una resistencia de 205.40 Kg/cm², mientras que el concreto con la sustitución del 10% de cemento por caolín activada mecánicamente de Tarica tiene una resistencia de 194.35 Kg/cm².
- ✓ Las resistencias obtenidas a los 07, 14 y 28 días del concreto patrón y concretos experimentales se observa que el concreto patrón tiene mayores resistencias que los concretos experimentales.
- ✓ Las probetas con sustitución del 5% y 10 % no superaron a las probetas patrón debido a que la caolinita es una arcilla natural por tal motivo es perjudicial y baja la resistencia del concreto.
- ✓ Según la prueba estadística de análisis de la varianza, se observa que existen diferencias significativas en las resistencias del concreto patrón y experimentales con la sustitución del cemento en un 5 y 10% por caolín de la localidad de Tarica - Huaraz.

RECOMENDACIONES

- ✓ Tomar en cuenta la composición de óxidos de la caolin activada a temperatura ambiente de la localidad de Tarica, a fin de poder realizar nuevas investigaciones.

- ✓ La elaboración de los concretos debe ser estrictamente controlado en cuanto a la participación de los agregados, cemento y el agua, ya que una variación de uno de los componentes pueden ser una variación de la resistencia requerida; por lo que la preparación, curado y la puesta en prueba se debe realizar siguiendo los estándares.

- ✓ Tomar en cuenta obligatoriamente, que para realizar un diseño de mezcla: el porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados, debido a que estos valores nos llevan a aumentar o disminuir los volúmenes de agua en la mezcla, para poder tener una buena dosificación.

- ✓ Continuar el trabajo de investigación para aumentar el número de canteras que permita tener el trabajo de análisis comparativo y determinar la procedencia de agregados que producen mayores resistencias.

VI. AGRADecIMIENTO

Dios: Por el tiempo de vida, oportunidades e infinitas bendiciones concedidas.

Mi madre: Juliana Lliuya, por su dedicación, esfuerzo y sacrificios que lograron formar y fuertes valores éticos y cimientos en mi vida académica.

Mi padre: Simeón Giraldo, por sus incontables esfuerzos que lograron una paulatina inserción a la Sociedad.

Mis hermanos: Geovana, Edelvira Feliciano, Roció y Alexs Giraldo Lliuya, por su incondicional apoyo y acompañamiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, C. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: San Marcos.

Céspedes, M. (2003). *Resistencia a la Compresión del Concreto A partir de la Velocidad de Pulsos de Ultrasonido* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.

Chan, J., Solís R., Moreno, E. (2003). *Influencia de los Agregados Pétreos en las Características del Concreto*, *Revista de Ingeniería*. 7(2).

David J. Hobbes y otros, *All-atom ab initio energy minimization of the kaolinite crystal structure*.

Gonzales, M. (1962). *Tecnología del Concreto: Diseño De Mezclas*. Lima, Perú.

Hernández, H. (2009). *Estudio del Método de Sustitución aplicado arcillas expansivas de Querétaro* (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., y Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Skokie, Illinois, EE.UU: PCA.

Mike H. y Dary H., *Introducción a la Cristalografía y Sistemas Cristalinos*.

Neville, A. (1999). *Tecnología del Concreto: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto*. México: Trillas.

Osorio, J. (26 de junio de 2016). *Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión*. Recuperado de: <http://360gradosblog.com/index.php/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/#sthash.vjzEqzmd.dpuf>.

Pizarra, R. (1998). *Arcillas Activadas por Lixiviación Parcial con Ácido Sulfúrico*, (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Rivva, E. (1999). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: Hozlo

Sánchez, D. (2001). *Tecnología Del Concreto y del Mortero*. Colombia, Colombia: Bhandar Editores.

Salisbury D., Edward. Tratado de Mineralogía.

Teodoro e. (1997) materiales. En *Diseño de Estructuras de Concreto Armado (11)*. (Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.)

Valentin, A. & Julca, M. (2015), *Resistencia de un concreto con sustitución de arena por arcilla de Cusca – Corongo – Ancash* (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.

VIII. APENDICES Y ANEXOS.

CONTENIDO DE HUMEDAD

SOLICITA : Bach. Giraldo Lliuya Augusto William
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolin activado mecánicamente de Tarica - Huaraz
CANTERA : "Chancadora Anta"
MATERIAL : Agregado Gruesa y Fina
FECHA : 24/11/2016

PIEDRA CHANCADA		
RECIPIENTE N°	N° 10	N° 12
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	854.20	793.10
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	684.50	625.30
PESO DE RECIPIENTE	162.70	167.80
PESO DE AGUA	5.50	5.70
PESO SUELO SECO	679.00	619.60
HUMEDAD (%)	0.81	0.92
HUMEDAD PROMEDIO	0.865	

ARENA GRUESA		
RECIPIENTE N°	N° 07	N° 09
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	892.30	236.40
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	719.40	768.20
PESO DE RECIPIENTE	172.90	167.50
PESO DE AGUA	25.00	26.00
PESO SUELO SECO	694.40	742.20
HUMEDAD (%)	3.60	3.50
HUMEDAD PROMEDIO	3.552	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 SILLAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Investigaciones Suelos y
 Materiales
 Ing. Jhonny S. Llanos Giraldo
 JEFE
 CIP: 85577

ANALISIS GRANULOMETRICO

SOLICITA : Bach. Giraldo Lliuya Augusto William
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolin activado mecánicamente de Tarica - Huaraz
 CANTERA : "Chancadora Anta"
 MATERIAL : Agregado Gruesa
 FECHA : 24/11/2016
 PESO SECO INICIAL : 14,212.0 PESO SECO FINAL : 14,211.5

N°	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	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	6978.10	49.10	49.10	50.90
1/2"	12.500	4476.80	31.50	80.60	19.40
3/8"	9.525	1520.70	10.70	91.30	8.70
N° 4	4.750	994.80	7.00	98.30	1.70
FONDO	2.360	241.10	1.70	100.00	0.00
(TOTAL)		14,211.50	100.00		

14,211.5

3.19

Tamaño Maximo: 1"

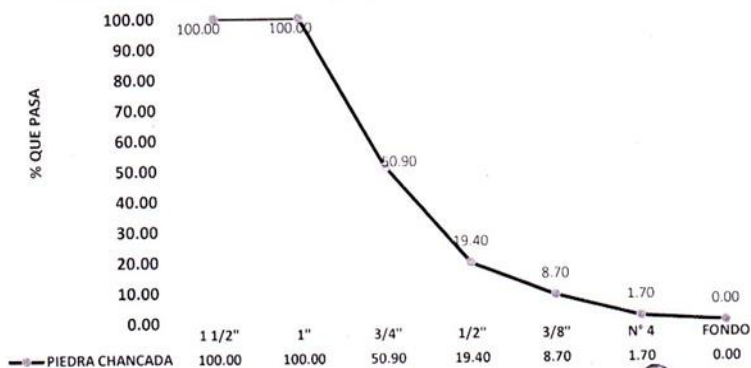
1"

Tamaño Maximo Nominal: 3/4"

3/4"

CURVA GRANULOMETRICA

Curva Granulometrica del Agregado "Piedra Chancada"



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jhonny S. Guaman Giraldo
 JEFE
 CIP: 85577



ANALISIS GRANULOMETRICO

SOLICITA : Bach. Giraldo Lliuya Augusto William
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolín activado mecánicamente de Tarica - Huaraz
 CANTERA : "Anta"
 MATERIAL : Agregado Fino
 FECHA : 24/11/2016
 PESO SECO INICIAL : 3,076.00 PESO SECO FINAL : 3,054.55

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
N°	ABERT. (mm)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO
				99.25
N° 4	4.760	268.00	8.70	90.55
N° 8	2.360	439.30	14.30	76.25
N° 16	1.180	472.00	15.30	60.95
N° 30	0.600	523.85	17.00	43.95
N° 50	0.300	593.80	19.30	24.65
N° 100	0.150	430.15	14.00	10.65
N° 200	0.075	163.95	5.30	5.35
FONDO		163.50	5.35	0.00
(TOTAL)		3054.550	100.00	

3,054.55

Modulo de Finura (MF):

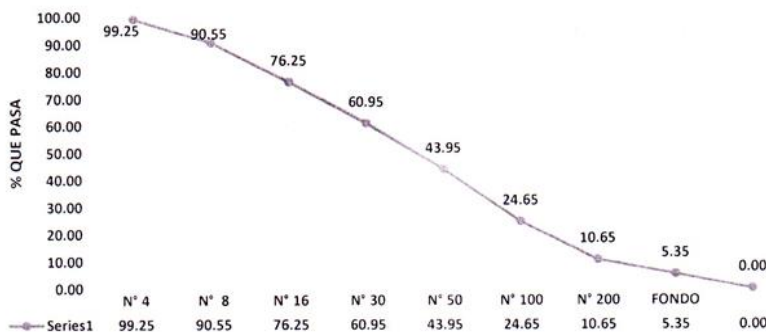
$$MF = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

$$\% \text{ RETENIDO ACUMULADO} = 288.50$$

$$MF = 2.885 \gggggggg 2.90$$

CURVA GRANULOMETRICA

Curva Granulometrica del Agregado "Arena Gruesa"



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y
 Ensayo de Materiales
 Ing. Johnny ... Jefe
 CIP: 85577

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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

SOLICITA : Bach. Giraldo Lliuya Augusto William
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolín activado mecánicamente de Tarica - Huaraz
CANTERA : "Chancadora Anta"
MATERIAL : Agregado Gruesa y Fina
FECHA : 24/11/2016

PIEDRA CHANCADA				
IDENTIFICACION		N° 15	N° 19	N° 31
A	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	1136.0	1140.0	1034.0
B	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	706.3	713	643.9
C	VOLUMEN DE MASAS / VOLUMEN DE VACIOS = A - B	429.7	427	390.1
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	1124.00	1130.00	1022.10
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	417.7	417.00	378.20
Pe BULK (BASE SECA) = D / C		2.616	2.646	2.620
Pe BULK (BASE SATURADA) = A / C		2.644	2.670	2.651
Pe APARENTE (BASE SECA) = D / E		2.691	2.710	2.703
% DE ABSORCIÓN = ((A - D) / D) * 100		1.068	0.885	1.164
		1.04		

ARENA GRUESA				
IDENTIFICACION		N° 2	N° 5	PROMEDIO
A	PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	300	300	
B	PESO FRASCO + H2O	655.7	655.7	
C	PESO FRASCO + H2O + (A)(A + B)	955.7	955.7	
D	PESO DEL MATERIAL + H2O EN EL FRASCO	842.5	842.8	
E	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	113.2	112.9	
F	PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	296.4	296.1	
G	VOLUMEN DE MASA = E - (A - F)	109.6	109	
Pe BULK (BASE SECA) = F / E		2.618	2.623	2.66
Pe BULK (BASE SATURADA) = A / E		2.650	2.657	
Pe APARENTE (BASE SECA) = F / G		2.704	2.717	
% DE ABSORCIÓN = ((A - F) / F) * 100		1.215	1.317	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Fluidos y
 Ensayo de Materiales
 Ing. Jhonny S. Maman Giraldo
 JEFE
 CIP: 85577

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

PESO UNITARIO

SOLICITA : Bach. Giraldo Lliuya Augusto William
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolín activado mecánicamente de Tarica - Huaraz
CANTERA : "Chancadora Anta"
MATERIAL : Agregado Gruesa y Fina
FECHA : 24/11/2016

PARA "PIEDRA CHANCADA"

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOLDE	19105	19090	19180	20190	20170	20180
PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333	5333	5333	5333
PESO DEL MATERIAL	13772	13757	13847	14857	14837	14855
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341
PESO UNITARIO	1.474	1.473	1.482	1.591	1.588	1.590
PESO UNITARIO PROMEDIO	1476.501			1589.730		
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)	1,477.0			1,590.00		

PARA "ARENA GRUESA"

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOLDE	7640	7665	7650	8125	8135	8145
PESO DEL MOLDE	3425	3425	3425	3425	3425	3425
PESO DEL MATERIAL	4215	4235	4230	4700	4710	4720
VOLUMEN DEL MOLDE	2776	2776	2776	2776	2776	2776
PESO UNITARIO	1.518	1.526	1.524	1.693	1.697	1.700
PESO UNITARIO PROMEDIO	1522.574			1696.686		
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)	1,523.00			1,697.00		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jhony Giraldo
 JEFE
 CIP: 85577

DISEÑO DE MEZCLA

Resistencia de Diseño	= $f'c$	210	kg/cm ²
Resistencia Promedio de Diseño	= fcp	210	kg/cm ²
Tamaño Máximo del Agregado	=	1"	pulgadas
Asentamiento	=	3"	pulgadas
Peso Específico Cemento Portland	=	3.15	adim.

Resistencia a la Compresión Promedio	
F'c	F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
Sobre 350	F'c + 98

DESCRIPCION	ARENA GRUESA	PIEDRA CHANCADA	UNIDADES
Peso Específico	2.66	2.66	adim.
P.U. Compactado y seco	1523.00	1477.00	kg/m ³
Contenido de humedad	3.55	0.86	%
Porcentaje de absorción	1.21	1.04	%
Módulo de fineza	2.70	---	adim.

	Arena Grue.	Piedra Chanc.
P.U. Superf. Se	1697	1590

	AG. FINO	AG. GRUESO
C.H	3 - 3.5 %	0.5 - 1.00 %
ABS	0 - 2%	0.55 - 1.00

La consolidación será por vibración, No se usará aire incorporado:

PASO 1 : SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

ASENTAMIENTO = 3 pulgadas

TABLA 1

TIPO CONSTRUCCION	MAXIMO	MINIMO
Zapata armada	3"	1"
Zapata simple	3"	1"
Viga y muro armado	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

PASO 2 : SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Tamaño máximo del Agregado = **3/4"** pulgadas

PASO 3 : AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

AGUA DE MEZCLADO =	205	Lit/m3
CONTENIDO DE AIRE =	2%	%

TABLA 2

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximo de agregado.

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en lit/m3 de concreto para los tamaños máximo Nominales de agregados y asentamiento indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Cantidad aproximada de aire atrapado en %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----
Promedio para el contenido total de aire en %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

PASO 4 : SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA-CEMENTO (a/c)

RELACION AGUA - CEMENTO = **0.68** Adimensional

TABLA 3

Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)	RELACION AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO		
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO	
150	0.8	0.71	
200	0.7	0.61	
210	0.68	0.59	
250	0.62	0.53	
280	0.57	0.48	
300	0.55	0.46	
350	0.48	0.4	
400	0.43	-----	
420	0.41	-----	
450	0.38	-----	

PASO 5 : CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO (KG/M3)} = \frac{\text{AGUA MEZCLADO(KG/M3)}}{\text{RELACION a/c(para f'cp)}}$$

01 bls Cemento 42.5 Kg

CONTENIDO DE CEMENTO =	301.5	Kg/m3
	7.09	Bol/m3

PASO 6: CALCULO DEL CONTENIDO DE PIEDRA CHANCADA

$$\text{Contenido de Piedra Chancada (Kg)} = \text{Volumen de piedra chancada (m3)} * \text{Peso Unitario Seco Compactado} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m3}} \right)$$

CONTENIDO DE PIEDRA CHANCADA =	915.74	Kg./m3
--------------------------------	--------	--------

TABLA 4

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO (PULGADAS)	Volumen de A.Grueso Seco y compactado			
	MODULO DE FINEZA DE ARENA GRUESA			3
	2.4	2.6	2.8	0.44
3/8	0.50	0.48	0.46	0.53
1/2	0.59	0.57	0.55	0.6
3/4	0.66	0.64	0.62	0.65
1	0.71	0.69	0.67	0.7
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.72
2.0	0.78	0.76	0.74	0.75
3.0	0.81	0.79	0.77	0.81
6.0	1.87	0.85	0.83	

PASO 7: CALCULO DEL CONTENIDO DE ARENA GRUESA

a) METODO DE PESOS

Peso A. Gruesa = Peso concreto fresco - (Peso A.Grueso+Peso Cemento+Peso Agua)

Peso A. Gruesa = 963.38 Kg

$P.U. = 10*(Pe\ ag)*(100-A) + C(1-Pe\ ag/Pe\ c)-W(pe\ ag-1)$

- P.U. = 2386 kg/m3 Peso del concreto fresco
- Pe ag = 2.69 Peso específico promedio del agregado fino y grueso en condiciones S.S.S.
- Pe c = 3.15 Peso específico del cemento
- A = 2% % Contenido de aire
- W = 205 kg/m3 Agua de mezclado
- C = 301.5 kg/m3 Cantidad de cemento requerido

P.U (Según Tabla) =	2355	Peso A. Gruesa	932.8	Kg./m3
---------------------	------	-----------------------	--------------	---------------

TABLA 5

Primera estimación del peso del concreto fresco.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE AGREGADO GRUESO	PESO DEL CONCRETO EN Kg/m3	
	SIN AIRE	CON AIRE
3/8	2285	2190
1/2	2315	2235
3/4	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2	2445	2375
3	2465	2400
6	2505	2435

b) METODO DE VOLUMENES

Vol. A. Fino = Vol. concreto fresco - (Vol. A.Grueso+Vol. Cemento+Vol Agua+ Vol. Aire)

Volumen = $\frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso específico}}$

Cemento	0.0957	m3
Agua	0.2050	m3
Aire atrapado	0.0002	m3
A. Grueso	0.3441	m3
A.Fino	0.3550	m3

»»»»	Peso Arena	943.64	Kg./m3
------	------------	---------------	---------------

FINALMENTE: Es decir los pesos de los materiales por m3 de concreto serán:

MATERIALES	MÉTODO DE LOS PESOS (Kg.)	MÉTODO DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS (Kg.)	UNIDADES
CEMENTO	301.47	301.47	Kg/m3
AGUA DE MEZCLADO	205.00	205.00	Lit/m3
PIEDRA CHANCADA	915.74	915.74	Kg/m3
ARENA GRUESA	932.79	943.64	Kg/m3

PASO 8: AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

		*HUMEDAD SUPERFICIAL	*APOORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
PIEDRA CHANCADA	Humedad Total = Wg%	Agregado Gr.	-0.00174	Agreg -1.607
	Absorción= ag%	Agregado Fn.	0.0234	Agreg 22.821
				21.214
ARENA GRUESA	Humedad Total = Wf% =		agua	183.786
	Absorción= af% =			
PESO PIEDRA CHANCADA HUMEDO (KG) =	PESO AGREGADO GRUESO SECO *Wg% =		923.66	kg
PESO ARENA GRUESA HUMEDO (KG) =	PESO AGREGADO FINO SECO *Wf% =		977.14	kg
AGUA EN PIEDRA CHANCADA (X) =	PESO AGREGADO GRUESO SECO *(Wg%-ag%) =		-1.61	kg
AGUA EN ARENA GRUESA (Y) =	PESO AGREGADO FINO SECO *(Wf%-af%) =		22.82	kg
AGUA NETA O EFECTIVA =	AGUA DE DISEÑO (KG) - (X+Y) =		183.79	kg

»»»» Redondeando, las proporciones finales en obra serán:

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	301.00	Kg/m3
ARENA GRUESA	977.00	Kg/m3
PIEDRA CHANCADA	924.00	Kg/m3
AGUA DE MEZCLADO	183.79	Lit/m3

Expresión de las proporciones con dosificación de obra.

Por cada kg de cemento se usará :

CEMENTO	1.00	kg
ARENA GRUESA	3.25	kg
PIEDRA CHANCADA	3.07	kg
AGUA DE MEZCLADO	0.61	kg

1 : 3.25: 3.07: 0.61

Proporcion en Volumen :

$$PIEDRA CHANCADA = P.U.S.S * \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

1603.75

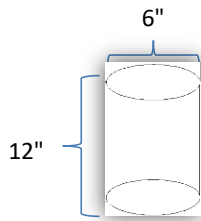
Piedra Chancada

$$ARENA GRUESA = P.U.S.S * \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

1757.24

Arena gruesa =

DOSIFICACIÓN DE CONCRETO POR PROBETA PARA ARCILLA DE TARICA



	Medida	Und.	Medida	Unidad
D	6	Pulg.	15.24	cm
H	12	Pulg.	30.48	cm
π	3.141592654			Adimensional

1"	\equiv	2.54	cm
----	----------	------	----

$$v = \pi * r^2 * h$$

Volumen	5559.9998	cm ³
Volumen	0.0061	m ³

Concreto patrón

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	1.84	Kg.
ARENA GRUESA	5.98	Kg.
ARCILLA	0.00	Kg.
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg.
AGUA DE MEZCLADO	1.12	Lit.

Fuente: Elaboración Propia

Concreto con sustitución del 5 % de caolín activada mecánicamente con agua a temperatura ambiente en el cemento.

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	1.748	Kg.
ARENA GRUESA	5.98	Kg.
ARCILLA	0.092	Kg.
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg.
AGUA DE MEZCLADO	1.12	Lit.

Fuente: Elaboración Propia

Concreto con sustitución del 10 % de caolín activada mecánicamente con agua a temperatura ambiente en el cemento.

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	1.656	Kg.
ARENA GRUESA	5.98	Kg.
ARCILLA	0.184	Kg.
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg.
AGUA DE MEZCLADO	1.12	Lit.

Fuente: Elaboración Propia

Materiales a utilizar para la elaboración de todas las probetas

Materiales	Proporciones finales	Unidades	N°	total
Cemento	1.84	kg	27	47.232
Arena gruesa	5.98	kg	27	161.33
Piedra	5.65	kg	27	152.58
Agua de mezcla	1.12	lit	27	30.35
Arcilla de Tarica	$1.84 \times 5\% + 1.84 \times 10\%$	kg	9	2.484

Fuente: Elaboración Propia

LIMITE LIQUIDO

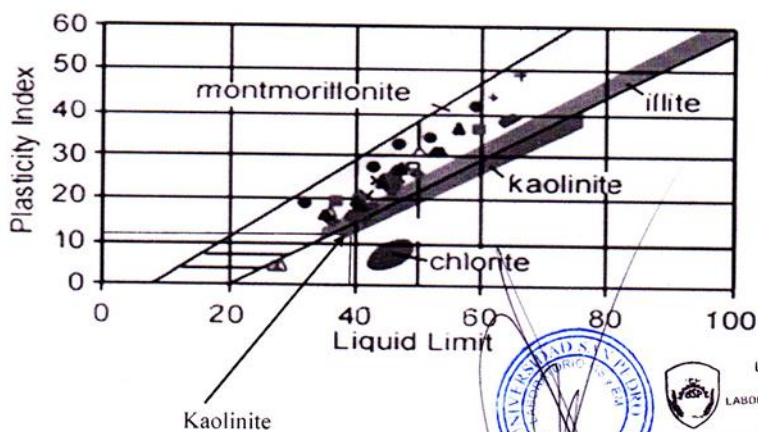
SOLICITA Bach: Giraldo Lliuya Augusto William
 TESIS Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolin activado mecanicamente de Tarica - Huaraz
 CANTERA Tarica - Huaraz - Ancash
 MATERIAL arcilla
 FECHA 25/072017
 MUESTRA 1

N°de tarro	15	29	21
Tarro + S. Humedo	55,38	58,16	60,61
Tarro + S. Seco	47,19	49,24	51,47
Peso del Agua	8,19	8,92	9,14
Peso del Tarro	26,88	26,72	26,98
Peso del Suelo Seco	20,31	22,52	24,49
% de Humedad	40,32	39,61	37,32
N° De Golpes	18,00	27,00	35,00
Promedio		39,09	

LIMITE PLASTICO

N°de tarro	12	3
Tarro + S. Humedo	33,04	33,57
Tarro + S. Seco	31,68	31,9
Peso del Agua	1,36	1,67
Peso del Tarro	26,21	26,57
Peso del Suelo Seco	5,47	5,33
% de Humedad	24,86	31,33
Promedio	28,10	

MUESTRA	L.L	L.P	I.P
1	39,09	28,10	10,99



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

PESO ESPECÍFICO DE LA ARCILLA

SOLICITA **Bach:** Giraldo Lliuya Augusto William
TESIS Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5% y 10% por caolin activado mecanicamente de Tarica - Huaraz
CANTERA Tarica - Huaraz - Ancash
MATERIAL arcilla
FECHA 25/07/2017
MUESTRA 1

Numero	Item			
1	Muestra N°	1	2	3
2	Frasco N°	1	2	3
3	Plato de evaporación N°	14	16	15
4	Peso Plato de evaporación + suelo seco	471.7	470.1	470.3
5	Peso Plato de evaporación	172.5	172.8	171.6
6	Peso Suelo seco	299.2	297.3	298.7
7	Peso Frasco + Agua + Suelo	862.8	861.5	863.2
8	Peso Frasco + Agua	678.8	678.5	678.5
9	Peso del Suelo Sumergido	184	183	184.7
10	Volumen Desplazada	115.2	114.3	114
11	Peso Especifico	2.60	2.60	2.62
12	Peso espezifco en promedio	2.61		



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

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



INFORME TÉCNICO N° 1235 – 17 – LAB. 12

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : AUGUSTO WILLIAM GIRALDO LLIUYA
 - 1.2 DNI : 43234084
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 08 / 08 / 2017
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 16 / 08 / 2017
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 21 / 08 / 2017
3. **ANÁLISIS SOLICITADO SEGÚN** : ANÁLISIS QUÍMICO EN ARCILLA DE TARICA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA DE TARICA
 - 4.2 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C = 210KG/CM² CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 5% Y 10% POR CAOLÍN ACTIVADO MECÁNICAMENTE DE TARICA - HUARAZ
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 20.7 °C; Humedad relativa: 63%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA SHIMADZU AA-7000
UV-VIS SPECTROPHOTOMETER SHIMADZU UV - 1800
BALANZA DIGITAL MARCA SARTORIUS CPA 225D
MUFLA MARCA DAIHAN SCIENTIFIC
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 **COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ARCILLA EXPRESADA COMO ELEMENTO**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Aluminio	21,05	Espectrofotometría de absorción atómica
Silicio	58,30	
Calcio	3,613	
Magnesio	0,003	
Cobre	0,002	
Hierro	14,26	
Zinc	0,001	
Sodio	1,650	
Potasio	1,019	
Azufre	0,054	
Fosforo	0,048	



8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ARCILLA EXPRESADA EN ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de di Aluminio (Al_2O_3)	20,54	Espectrofotometría de absorción atómica
Dióxido de Silicio (SiO_2)	64,40	
Óxido de Calcio (CaO)	2,611	
Óxido de Magnesio (MgO)	0,002	
Óxido de Cobre (CuO)	0,001	
Trióxido de di Hierro (Fe_2O_3)	10,54	
Óxido de Zinc (ZnO)	0,001	
Óxido de di Sodio (Na_2O)	1,145	
Óxido de di Potasio (K_2O)	0,634	
Trióxido de Azufre (SO_3)	0,070	
Pentóxido de Fósforo (P_2O_5)	0,056	

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.


Ei Bach. Natalia Quispe G.
Analista
LABICER - UNI



MSc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de laboratorio
CQP 202

Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO



FIGURA N°1. FOTOGRAFÍA DE LA MUESTRA





USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

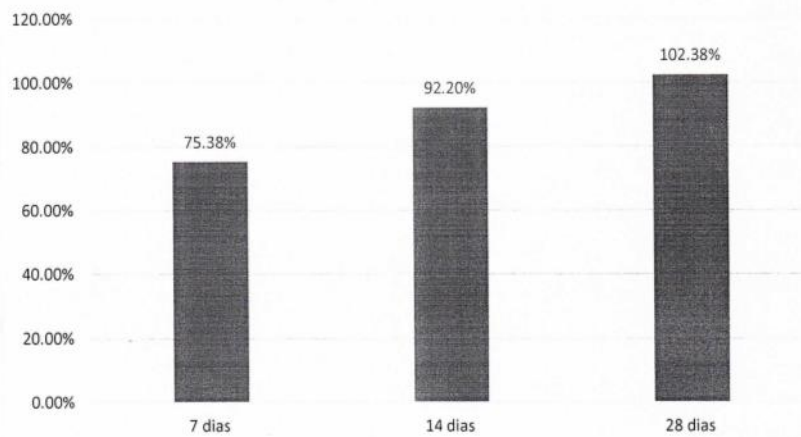
SOLICITA: Bach: Giraldo Lliuya Augusto William

TESIS: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210KG/CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 5% Y 10% POR CAOLÍN ACTIVADO MECÁNICAMENTE DE TARICA – HUARAZ"

Resistencias obtenidas de los Especímenes de Concreto Patrón f'c=210 kg/cm2

Ensayo N°	Edad en días	Diametro	Area cm	Carga de Ruptura	F'c Ruptura	F'c Proyecto	% Resistencia
1	7	15.24	182.41	28920	158.54	210	75.50%
2	7	15.24	182.41	28720	157.44	210	74.97%
3	7	15.24	182.41	28990	158.92	210	75.68%
4	14	15.24	182.41	35270	193.35	210	92.07%
5	14	15.24	182.41	35580	195.05	210	92.88%
6	14	15.24	182.41	35110	192.47	210	91.65%
7	28	15.24	182.41	38970	213.63	210	101.73%
8	28	15.24	182.41	39210	214.95	210	102.36%
9	28	15.24	182.41	39480	216.43	210	103.06%

Resistencia de concreto Patron



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

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



USP

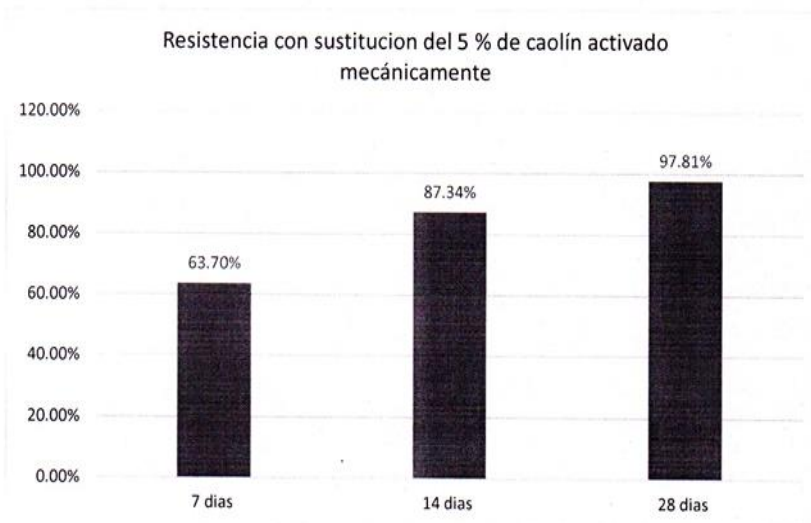
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

SOLICITA: Bach: Giraldo Lliuya Augusto William

TESIS: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 5% Y 10% POR CAOLÍN ACTIVADO MECÁNICAMENTE DE TARICA - HUARAZ"

resistencias obtenidas de los especímenes de concreto experimental $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del 5% del cemento por caolín activado mecánicamente de tarica - Huaraz.

Ensayo N°	Edad en días	Diametro	Area cm	Carga de Ruptura	F'c Ruptura	F'c Proyecto	% Resistencia
1	7	15.24	182.41	23890	130.97	210	62.36%
2	7	15.24	182.41	24430	133.93	210	63.77%
3	7	15.24	182.41	24880	136.39	210	64.95%
4	14	15.24	182.41	32850	180.08	210	85.75%
5	14	15.24	182.41	34310	188.09	210	89.57%
6	14	15.24	182.41	33210	182.06	210	86.69%
7	28	15.24	182.41	37290	204.42	210	97.34%
8	28	15.24	182.41	37800	207.22	210	98.68%
9	28	15.24	182.41	37310	204.53	210	97.40%



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

Ing. Elizabeth Maiza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

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



USP

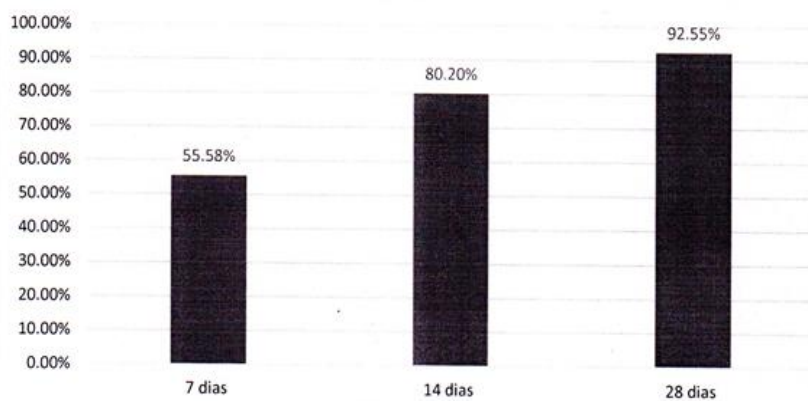
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
SOLICITA: Bach: Giraldo Lliuya Augusto William

TESIS: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO $f'c = 210 \text{KG/CM}^2$ CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 5% Y 10% POR CAOLÍN ACTIVADO MECÁNICAMENTE DE TARICA – HUARAZ"

Resistencias obtenidas de los Especímenes de Concreto Experimental $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del 10 % del cemento por arcilla de Tarica – Huaraz.

Ensayo N°	Edad en días	Diametro	Area cm	Carga de Ruptura	F'c Ruptura	F'c Proyecto	% Resistencia
1	7	15.24	182.41	21010	115.18	210	54.85%
2	7	15.24	182.41	21510	117.92	210	56.15%
3	7	15.24	182.41	21810	119.56	210	56.93%
4	14	15.24	182.41	29870	163.75	210	77.98%
5	14	15.24	182.41	30930	169.56	210	80.74%
6	14	15.24	182.41	31370	171.97	210	81.89%
7	28	15.24	182.41	35670	195.54	210	93.12%
8	28	15.24	182.41	35600	195.16	210	92.93%
9	28	15.24	182.41	35090	192.36	210	91.60%

Resistencia con sustitución del 10 % de caolín activado mecánicamente



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

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

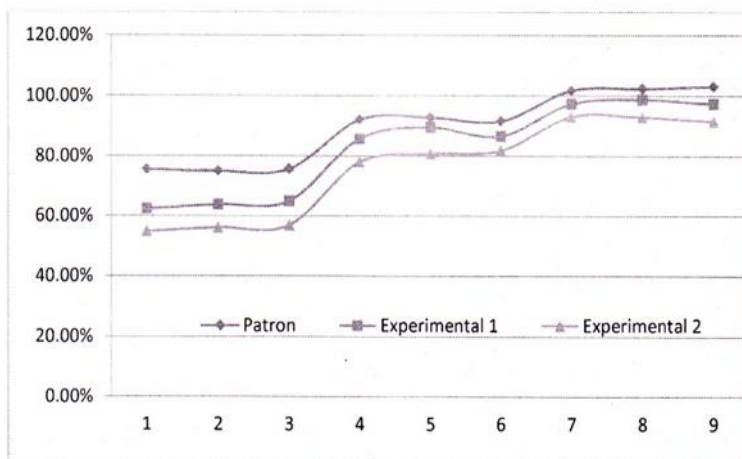
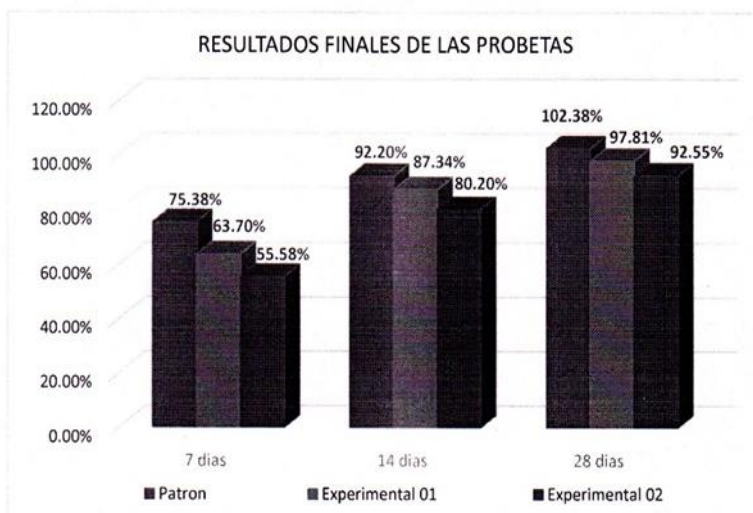


USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
SOLICITA: Bach: Giraldo Lliuya Augusto William

TESIS: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210KG/CM2 CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 5% Y 10% POR CAOLÍN ACTIVADO MECÁNICAMENTE DE TARICA – HUARAZ"

EVOLUCIÓN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN Y EXPERIMENTALES.



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

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

PANEL FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA N° 01. Lavado y secado para tamizar la el caolín



FOTOGRAFÍA N° 02. Tamizando el caolín



FOTOGRAFÍA N° 03. Preparando los materiales para vaciar las probetas



FOTOGRAFÍA N° 04. Llenado las probetas con concreto.



FOTOGRAFÍA N° 05. Curado del concreto.