

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL



Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución del cemento por 10% y
20% de arcilla de Anta, Carhuaz - 2022

tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Quito Rodriguez, Alberico Cesar

Asesor:

Segundo Milquisider Urrutia Vargas

CODIGO ORCID : 0000-0003-4415-0484

Chimbote – Perú

2023

Titulo

Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitucion del cemento por 10% y 20% de arcilla de Anta, Carhuaz - 2022

Palabras Clave

- Arcilla
- Sustitución
- Cemento
- Concreto

Key words

- Clay
- Substitution
- Cement
- Concrete

Línea de investigación

- **Construcción y Gestión de la construcción**

Según OCDE:

- Área : Ingeniería y Tecnología
- Sub área : Ingeniería civil
- Disciplina : Ingeniería de la construcción

Resumen

La investigación se realizó en la ciudad de Huaraz, teniendo como objeto de estudio la arcilla del distrito de Anta – Carhuaz, y tuvo como objetivo general evaluar la resistencia a la compresión que presenta un concreto $f'c$ 210 kg/cm² cuando se sustituye su aglomerante: cemento portland, en porcentajes de 10% y 20% de arcilla, con la finalidad de poder ser aplicada en la industria de la construcción en la ciudad de Huaraz, la región y el país, contribuyendo de esta forma no solo a la reducción de costos de producción del concreto, sino también contribuir con el medio ambiente de forma indirecta reduciendo las temperaturas elevadas que se emiten para producir cemento aumentan el efecto invernadero en el planeta.

Se utilizó la arcilla como material suplementario cementante, en 10% y 20% en una mezcla de concreto, la arcilla fue activada térmicamente a 530° C por 2 horas, el diseño de mezcla considera una resistencia 210 kg/cm².

El concreto experimental con 10% de arcilla fue el que presentó el mejor resultado de alcanzado 224.95 kg/cm² es decir 4.2% y 7.1% por encima del concreto patrón y de diseño. Mientras que la investigación descarta el uso del concreto experimental con 20% de arcilla por su baja resistencia que presentó: 137.16 kg/cm²

Abstrac

The investigation was carried out in the city of Huaraz, having as object of study the clay of the district of Anta - Carhuaz, and had as general objective to evaluate the resistance to compression that presents a concrete f_c 210 kg/cm² when its binder: portland cement, in percentages of 10% and 20% clay, in order to be applied in the construction industry in the city of Huaraz, the region and the country, thus contributing not only to the reduction of concrete production costs, but also contribute to the environment indirectly by reducing the high temperatures that are emitted to produce cement and increase the greenhouse effect on the planet.

Clay was used as a supplementary cementing material, in 10% and 20% in a concrete mix, the clay was thermally activated at 530°C for 2 hours, the mix design considers a resistance of 210 kg/cm².

The experimental concrete with 10% clay was the one that presented the best result, reaching 224.95 kg/cm², that is, 4.2% and 7.1% above the standard and design concrete. While the investigation rules out the use of experimental concrete with 20% clay due to its low resistance that it presented: 137.16 kg/cm²

Índice General

Titulo	i
Palabras clave - línea de investigación	ii
Resumen	iii
Abstrac	iv
Índice general	v
Índice de Tablas	vi
Índice de figuras	vii
I. Introducción	1
II. Metodología	28
III. Resultados	31
IV. Análisis y discusión	46
V. Conclusiones	48
VI. Recomendaciones	49
VII. Agradecimiento	50
VIII. Bibliografía	51
IX. Anexos	53

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de concreto según su peso	5
Tabla 2: Clasificación de concreto según su aplicación	6
Tabla 3: Clasificación de concreto según su resistencia	6
Tabla 4: Clasificación de concreto según su composición	6
Tabla 5: Compuestos del cemento portland	13
Tabla 6: Requisitos del agua en concreto y su curado	14
Tabla 7: Granulometría de la arena – agregado fino	16
Tabla 8: Porcentaje pasante por tamices normalizados	18
Tabla 9: Los límites de consistencia: LL y LP de la arcilla de Anta para sustitución de cemento – 2022	32
Tabla 10: Evaluación de las temperaturas de calcinación según Análisis térmico diferencial de la arcilla	34
Tabla 11: El análisis granulométrico del Agregado Fino: Arena, cantera Rubén – Chimbote. 2022	35
Tabla 12: El análisis granulométrico del Agregado Grueso: Piedra chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022	36
Tabla 13: El peso unitario SUELTO de Agregado Fino: Arena, cantera Rubén – Chimbote. 2022	38
Tabla 14: El peso unitario COMPACTADO de Agregado Fino: Arena, cantera Rubén – Chimbote. 2022	38
Tabla 15: El peso unitario SUELTO de Agregado Grueso: Piedra chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022	39
Tabla 16: El peso unitario COMPACTADO de Agregado Grueso: Piedra chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022	39
Tabla 17: gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino y grueso. – Chimbote. 2022	40
Tabla 18: El contenido de humedad del Agregado Fino: Arena, cantera Rubén – Chimbote. 2022	40
Tabla 19: El contenido de humedad del Agregado Grueso: Piedra chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022	41

Tabla 20: El Resistencia a la compresión de concreto patrón	42
Tabla 21: Resistencia a la compresión de concreto experimental con 10% de sustitución de cemento por arcilla de Anta	43
Tabla 22: Resistencia a la compresión de concreto experimental con 20% de sustitución de cemento por arcilla de Anta	44
Tabla 23: Resistencia a la compresión de concreto patrón y experimentales con 10% y 20% de sustitución de cemento por arcilla de Anta	45

Índice de figuras

	<i>Página</i>
Figura 1: Ensayo de resistencia a la compresión	10
Figura 2: Volumen de componentes de concreto	14
Figura 3: Estados del agregado	19
Figura 4: Arcilla	22
Figura 5: Abaco de Casagrande	30
Figura 6: Los límites de consistencia: LL y LP de la arcilla de Anta para sustitución de cemento - 2022	31
Figura 7: Plasticidad de la arcilla de Anta- Carhuaz, según Abaco de Casagrande y Límites de Atterberg	32
Figura 8: CURVA GRANULOMETRICA del agregado fino: Arena, cantera Rubén – Chimbote. 2022	34
Figura 9: CURVA GRANULOMETRICA del agregado grueso: Piedra chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022	36
Figura 10: Resistencia a la compresión de concreto patrón – Chimbote. 2022	42
Figura 11: Resistencia a la compresión de concreto experimental con 10% de sustitución de cemento por arcilla de Anta	43
Figura 12: Resistencia a la compresión de concreto experimental con 20% de sustitución de cemento por arcilla de Anta	44
Figura 13: Resistencia a la compresión de concreto patrón y experimentales con 10% y 20% de sustitución de cemento por arcilla de Anta	45
Figura 14 a 26: Panel fotográfico	54

I. Introducción

Antecedentes y fundamentación científica

Antecedentes

Muñoz López, Karen Lorena (2020) en su tesis titulada “Metodología para la evaluación del potencial de producción de cementos tipo LC3 en el contexto colombiano. Aproximación teórica” desarrollada en la Universidad Militar Nueva de Granada planteó como objetivos realizar el análisis bibliográfico de la producción de los cementos que utilizan las arcillas como material cementicio suplementario(MCS) en los países en desarrollo, entre otras como identificar las zonas de formaciones arcillosas, definir las posibles canteras de explotación de arcillas para su uso MCS; y por último planteó una metodología para seleccionar las fuentes de material que pueda ser utilizado como MCS. La investigación tomó como base en su metodología el libro Minerales de Colombia publicado por el Servicio Geológico de Colombia, y entre sus conclusiones destacamos dos: que la implementación de las arcillas caoliníticas como material cementicio suplementario en el país ha sido ignorado por el desconocimiento de cómo debe ser su selección y tratamiento, ignorando así su gran beneficio y la viabilidad en el territorio Colombiano; y que en las 11 compañías cementeras que generan emisión de dióxido de carbono al ambiente deben optar por tecnologías y metodologías que permitan reducir esta huella de carbono es decir utilizando arcillas en el proceso de elaboración y en la construcción se aplique como material cementicio suplementario.

Pillai R., Gettu R. y Santhanam m. (2020) en su investigación denominada “Uso de materiales cementicios suplementarios (SCM) en sistemas de concreto armado - Beneficios y limitaciones” tiene entre sus objetivos el estudio de las arcillas como material capaz de sustituir el cemento en concreto armado, y permitir que sus propiedades en estado fresco de concreto, su contracción, proceso de curado, resistencia, tenacidad mejoren respecto a un concreto convencional. Entre sus conclusiones más importantes relacionadas a nuestra investigación, es que los concreto con la arcilla como material cementicio suplementario pueden cumplir con los

requisitos de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y contracción que un concreto convencional y que debido a la estructura de poros refinada, los concretos que usan la arcilla como MCS exhiben una menor permeabilidad.

Gonzales (2020). En su investigación titulada “Resistencia del concreto con la sustitución del cemento en 5% y 10% por arcilla de Huanchac – Huaraz 2018 elaborado para la obtención del título profesional de ingeniero civil, tuvo un enfoque experimental en donde su objeto de estudio fue la arcilla de Huanchac, la cual sustituyó al cemento portland utilizado en el concreto en dos porcentajes de 5% y 10% tomando como referencia el cemento del diseño patrón que se determinó por método ACI.

El estudio propuso como objetivo general determinar cuál sería el comportamiento que tendría la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm², y cuando se le reemplaza parte del peso del cemento portland en porcentajes de 5% y de 10%. El material suplementario cementante a utilizar es propio de la zona de Anta en la provincia de Carhuaz, al cual antes de ser parte de la mezcla se activó térmicamente a una temperatura controlada de 600°C por un tiempo de 120 minutos.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, es del tipo aplicado y explicativo cuenta con un planteamiento de carácter experimental, la muestra consta de 27 especímenes (probetas cilíndricas) también conocidas como testigos, esta muestra se distribuyó de la manera siguiente: 9 especímenes de concreto patrón, 9 especímenes de concreto al cual se le sustituyó el cemento por 5% de arcilla, y por último 9 especímenes de concreto al cual se le sustituyó el cemento por 10% de arcilla. Se realizó la observación de los resultados fue directa fue el procedimiento usado, empleando equipos e instrumentos estandarizados por la normatividad de cada uno de los ensayos que desarrolla el laboratorio de nuestra Universidad San Pedro de la Filial Huaraz, siendo los procesos de recolección de datos supervisados por el personal técnico del laboratorio mediante guías de observación y fichas técnicas. Se llegó a resultados que evidenciaron que el porcentaje de 5% de sustitución del cemento por la arcilla de la Huanchac permitió conseguir una resistencia a la compresión superior al concreto patrón, superándolo en 1.70%. el concreto experimental con sustitución de

cemento por 10% de arcilla de Huanchac no cumplió con superar la resistencia a la compresión que se obtuvo del concreto patrón, fue menor en 9.18%.

Los valores cuantitativos del concreto patrón obtenidos para su resistencia a la compresión de acuerdo a periodos de curado distinto de 7, 14, 21 y 28 días son respectivamente: 175.71 kg/cm², 193.51 kg/cm², 208.01 kg/cm² y 223.27 kg/cm²; para el concreto con sustitución del cemento por 5% de arcilla de Huanchac se obtuvo una resistencia a la compresión de acuerdo a periodos de curado distinto de 7, 14, 21 y 28 días tales como: 194.06 kg/cm², 218.31 kg/cm², 232.13 kg/cm² y 251.54 kg/cm² respectivamente; por último para el concreto con sustitución del cemento por 10% de arcilla de Huanchac se obtuvo una resistencia a la compresión de acuerdo a periodos de curado distinto de 7, 14, 21 y 28 días tales como: 157.35 kg/cm², 173.15 kg/cm², 197.00 kg/cm² y 217.05 kg/cm² respectivamente. La investigación concluyó que la sustitución del cemento por 5% de arcilla de Huanchac es el óptimo valor de sustitución que permite obtener mejores resistencias a compresión que el concreto patrón y concreto de diseño.

Vásquez (2019). Desarrolla un estudio para obtener su título profesión de ingeniero civil en la Universidad San Pedro. Chimbote que titula: “resistencia a compresión de concreto con sustitución del cemento en un 5% y 7% por arcilla de Carhuaz – Ancash” la cual propone como objetivo general determinar la propiedad mecánica de la resistencia del concreto convencional $F'_c=210.0$ kg/cm², y también de los concretos experimentales a los cuales se le sustituyó el cemento portland 5% y 7% por la arcilla proveniente del distrito de San Miguel de Aco en la provincia de Carhuaz, Áncash. Esta investigación fue del tipo aplicada y experimental. Al tener un concreto patrón o grupo de control la investigación tiene un nivel cuasi experimental, la muestra tiene 27 probetas cilíndricas o testigos, se distribuyó de la manera siguiente: 9 probetas de concreto patrón, 9 probetas de concreto con sustitución del cemento por 5% de arcilla, y por último 9 probetas de concreto con sustitución del cemento por 7% de arcilla. Tras el proceso de obtención de resultados mediante los ensayos de rotura de acuerdo a la normatividad vigente, se concluyó que la resistencia a la compresión con mejor resultados fue el concreto experimental al cual se le sustituyó cemento con 7% de arcilla, obteniendo valores de 203.43 kg/cm², 219.11 kg/cm² y 240.24 kg/cm² a los

periodos de curado de 7, 14 y 28 días respectivamente. Por tanto, el concreto con sustitución del cemento por 7% de arcilla supera en 14.4% al concreto de diseño. Se recomienda en la investigación que se considere en futuros trabajos con este material el uso de mayores porcentajes que permitan obtener mayores resistencias.

Zuñiga. (2019). Realiza en la Universidad San Pedro, sede central: Chimbote una tesis para la obtención de título profesional de ingeniero civil que lleva por título “Resistencia a compresión del concreto con sustitución del cemento en 5% por arcilla de Macate”, en este estudio el autor se plantea como objetivo general la determinación y posterior comparación de las resistencias a compresión de los concreto tanto convencional como el experimental, siendo el concreto convencional un diseño para resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La incorporación del material experimental: arcilla, ha sido extraída de forma manual del distrito de Macate, posteriormente se realizó un tratamiento mecánico de limpieza y trituración, luego se calcinó o activo térmicamente para obtener el óxido de silicio en su composición química que le permita ser un material aglomerante o puzolanico. Para la activación térmica de la arcilla se realizó un análisis térmico diferencial, el cual considera un rango de temperatura para su activación con una temperatura de 750°C , se considero un tiempo de activación de 90 minutos. Posteriormente se realizó una molienda o trituración de la arcilla hasta conseguir un tamaño de partículas pasantes por la malla 200.

La resistencia a la compresión obtenida del concreto patrón de acuerdo a periodos de curado distinto de 7, 14 y 28 días son: 189.72 kg/cm^2 , 213.17 kg/cm^2 y 247.76 kg/cm^2 ; para el concreto con sustitución del cemento por 5% de arcilla de Macate se obtiene una resistencia a la compresión de acuerdo a periodos de curado distinto de 7, 14 y 28 días de: 187.82 kg/cm^2 , 222.09 kg/cm^2 y 239.77 kg/cm^2 respectivamente. Se concluye que el concreto experimental no logra superar al concreto patrón o convencional, empero presenta resultados superiores al concreto de diseño que fue $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Fundamentación científica

Tecnología del concreto:

Según García J (2013). La tecnología del concreto comprende el conocimiento científico que se orienta hacia la aplicación técnica, eficiente y práctica del uso del

concreto en la industria de la construcción. Para ello interrelaciona diversas ciencias como: matemáticas, física, química y la investigación científica, en el desarrollo y utilización de este material de construcción.

Cada uno de los componentes o materiales que intervienen en la elaboración del concreto: cemento, agregado fino y grueso, aditivos, agua, etc. deben de estudiarse e identificarse sus aspectos particulares tanto de forma como de comportamiento en forma conjunta para una aplicación práctica en la construcción, esa es la labor de la tecnología del concreto. Otro aspecto a conocer y que interviene en las condiciones óptimas de un concreto son las técnicas de producción, colocación, el curado y el mantenimiento del mismo.

El concreto.

Definamos el concreto como la mezcla de dos componentes básicos: la pasta de cemento y los agregados. la pasta se compone de agua y el aglomerante más importante a nivel global, el cemento portland, los cuales se reúnen en estado pastoso, flexible y maleable; por otro lado, el segundo componente básico, los agregados, está conformado por las arenas y las gravas, estas últimas pueden ser obtenidas de forma natural o pueden ser trituradas o zarandeada. Al combinar estos dos componentes básicos se logra crear una masa que es su estado pastoso une los componentes de forma homogénea e inmediatamente inicia un proceso de endurecimiento de la pasta producto de la reacción química entre el agua y el cemento, llegando a conseguir que la masa se solidifique hasta convertirse en una masa similar a una roca. (Portland Cement Association, 2004).

Clasificación de concreto

Tabla 1: Clasificación de concreto según su peso:

Tipo	Peso unitario (Kg/m³)
Concreto ligero	1200 - 2000
Concreto normal	2000 – 2800
Concreto	> 2800

Tabla 2: Clasificación de concreto según su aplicación:

Tipo	Acero	Característica
Concreto simple	No tiene armadura de refuerzo	Resist. Compresión: BUENA
Concreto armado	Tiene armadura de refuerzo	Resist. Compresión y Flexión: BUENA
Concreto pretensado	Tiene acero de refuerzo	Resist. a Tracción: BUENA para usar en viguetas
Concreto postensado	Se introducen fundas de acero de refuerzo	Resist. a Tracción: BUENA

Tabla 3: Clasificación de concreto según su resistencia:

Tipo	Composición				
	Agua (%)	Cemento (%)	Arena (%)	Grava (%)	Aditivos (%)
Concreto convencional	10	15	35	40	-
Concreto de alta resistencia	5	20	28	41	4

Tabla 4: Clasificación de concreto según su composición:

Tipo	Característica
Concreto ordinario	Común
Concreto ciclópeo	Con agregados > 50 cm
Concreto reciclado	Con desechos de concreto y ladrillos
Concreto inyectado	En molde con agregado se mete la pasta con partículas > a 25 mm
Concreto con aire incorporado	En el concreto se le inyecta aire > a 6% de volumen
Concreto ligero	Con 1,2 a 2.0 N/mm ²
Concreto pesado	Con agregados de densidad elevada
Concreto refractario	Gran resistencia a elevadas temperaturas – cemento de aluminato cálcico.

Componente básico de concreto:

A continuación, detallamos a cada uno de los componentes básicos de un concreto:

La pasta: es el resultado de la combinación de agua y cemento portland, ocupa los espacios vacíos que existen entre las partículas finas y gruesas de los agregados, durante el proceso de endurecimiento o fraguado se generan cristales hidratados que

unen a las partículas de los agregados químicamente. La reacción química que se produce en la etapa de hidratación del cemento y genera cristales es exotérmica, por lo que al emitir calor, va a necesitar agua para que tenga lugar, siendo más intensa una reacción en la etapa inicial de producción porque se crean los cristales cohesivos, y luego con el tiempo la reacción química va disminuyendo su intensidad.

Gel: Es la aglomeración porosa de las partículas que se están sólidamente entrelazadas con forma escamosa o de forma fibrosa, como conjunto de formas que son eslabones que contienen materiales amorfos. El gel cumple un importante papel para el comportamiento del concreto, sobre todo en su resistencia mecánica y su trabajabilidad, para ello presenta dos características de cohesión: atracción física y la adherencia química.

Porosidad: La pasta de cemento contiene vacíos o poros, los cuales son espacios que no contienen partícula alguna, aunque en algunas circunstancias especiales pueden estar llenos con agua.

Hidratación: Es el proceso inicial que dispara la reacción química del cemento cuando se encuentra con el agua. Este proceso necesita la presencia de la humedad en condiciones normales de calidad y cantidad.

Curado: viene a ser el periodo o tiempo que el concreto debe mantenerse en condiciones húmedas y con temperatura óptimas que permitan un proceso de hidratación del cemento constante, sin falta de agua o se disminuya el agua de la mezcla y se pueda conseguir la resistencia solicitada en el diseño correspondiente.

Propiedades de concreto

A continuación, se presentan las más importantes propiedades del concreto, considerando su estado de endurecimiento del mismo, y que son estado fresco y estado endurecido, siendo el primero importante en el proceso de producción transporte y colocación adecuada del material en los encofrados, y en el estado endurecido sus comportamientos mecánicos del material a los esfuerzos sometidos.

- Propiedades del concreto fresco:

La trabajabilidad:

Según Neville (2011) sostiene que esta propiedad del concreto fresco es una importante característica que corresponde a la facilidad con la que el concreto se puede

moldear y compactar y la resistencia que presenta al fenómeno de la segregación de sus agregados y la pasta. Otras definiciones señalan: “Propiedad que determina el esfuerzo que se requiere para poder manipular una cantidad de concreto recién elaborado o mezclado con la pérdida mínima de homogeneidad”, “propiedad que posee un mortero o concreto recién elaborados que determina su facilidad y su homogeneidad para ser mezclados, transportados, colocados, compactados y finalizados”.

La trabajabilidad no debe confundirse con la consistencia del concreto, ya que esta corresponde a la capacidad que tiene la mezcla para poder fluir y se mide con el ensayo de asentamiento.

Esta propiedad influye directamente en la construcción, porque define la facilidad para manipular el concreto o mortero durante la ejecución de la obra. La trabajabilidad depende de varios factores que influyen sobre ella, y son la relación agua/cemento, la gradación de las gravas, la relación de agregado grueso y agregado fino, entre otros, por lo que, la trabajabilidad carece de una manera de calcularla.

La segregación:

Según Abanto (2001) señala que es una propiedad del concreto fresco que implica la descomposición de este en sus partes que lo constituyen: el agregado grueso del mortero.

La segregación es perjudicial para el concreto porque en el elemento de llenado se forman capas arenosas, bolsones de piedra, cangrejeras, etc.

Esta propiedad es una función de la consistencia del mezclado, presentando un riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuando es más seca.

Se puede lograr disminuir la segregación si en la etapa del diseño de mezclas, aumentando el cemento o el agregado fino (arena) y la consistencia de la mezcla.

Por lo general cuando se manipula y coloca de forma inadecuada el concreto fresco y se produce la segregación, porque ocurre que parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, ejemplos:

- El traqueteo de las carretillas en el transporte
- Cuando la altura de colocaciones superior a medio metro.

- Cuando el concreto corre por canaletas, más aún si tiene cambio de dirección.
- Por excesivo vibrado.

La exudación:

Según Abanto (2001) lo define con el ascenso de una porción de agua de la mezcla a la superficie debido a la sedimentación de los sólidos, y se presenta a continuación de que el concreto se coloca en los encofrados.

Las causas de la exudación pueden ser la mala dosificación de la mezcla, de exceso de agua, de uso de aditivos, y elevadas temperaturas (mayor temperatura mayor velocidad de exudación).

La exudación es perjudicial para el concreto, porque la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede reducir su resistencia debido a la mayor relación a/c.

La exudación provoca un concreto poroso y con baja durabilidad.

La contracción:

Según Abanto (2001) define esta propiedad como una de las más importantes y que se relaciona con los problemas de la presencia de fisuras en la superficie, se puede determinar por la resistencia definitiva que presenta una probeta de concreto sometida a esfuerzo de compresión. al aumentar con el tiempo la resistencia del concreto se medirá esta a los 28 días.

- Propiedades del concreto endurecido:

Resistencia a compresión:

Según Mehta & Monteiro (2014) considera que el material idóneo para soportar carga axial en compresión es el concreto, por lo que usualmente se especifica el valor de la resistencia a compresión que tiene las siglas “f’c”. la resistencia a la compresión, la más importante del concreto, tiene una dependencia del desarrollo del lento proceso de hidratación del cemento y de la porosidad de la pasta, comúnmente el valor de la resistencia a la compresión se determina mediante ensayos a los 28 días de haberse elaborado las probetas o especímenes y de haber sido curados en condiciones estándar.

Esta propiedad además se utiliza como un indicador para otros tipos de características mecánicas como la resistencia a la tracción, torsión o flexión.

La relación agua/cemento es el factor más importante que incide en la resistencia a la compresión del concreto de forma inversamente proporcional.

Los diseños de mezclas de baja y mediana resistencia no se ven afectados significativamente cuando la relación agua – cemento cambia o varía, mientras que los diseños de concreto de alta desempeños consiguen aumentar de forma significativa su resistencia con pequeñas disminuciones de esta relación.

La resistencia a la compresión se ve afectada por el agua de mala calidad que contienen impurezas, esto no es muy común en zonas urbanas donde el agua es potable.

Otra de los factores que afecta la resistencia es el aire atrapado que se produce por los procesos incorrectos de compactación o cuando se usa aditivos que incorporan aire; este fenómeno se explica como el aumento de la porosidad de la pasta de cemento; el aire atrapado incide con mayor medida en los concretos de alta resistencia.

Otro de los factores que incide en esta importante propiedad es la distribución del tamaño de las partículas de los agregados, ya que si existe una elevada relación agregado grueso (AG) / agregado fino (AF) entonces disminuye el slump y la resistencia. Las características de la superficie de sus partículas se unen mejor si son ásperas, pero necesitan mayor cantidad de agua para su trabajabilidad.

Las condiciones de curado: humedad, tiempo y la temperatura también inciden directamente en la resistencia a la compresión del concreto, ya que su proceso de endurecimiento no es constante y con las condiciones similares, en los primeros 28 días, por lo que se debe cuidar el proceso de curado en climas cálidos en donde se evapora el agua rápidamente.

Figura 1. Ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: <https://civilgeeks.com>

Resistencia del concreto a la tracción

Esta propiedad mecánica del concreto endurecido es menor que la resistencia a la compresión la cual constituye aproximadamente un valor porcentual de entre 8% y un 15% de esta. Para calcular este parámetro no es usual usar ensayos directos a causa de las dificultades que se presentan, en especial por las consecuencias secundarias que originan los dispositivos de carga. Los métodos que se han diseñado para determinar la resistencia a la tracción son dos:

- Split test o Prueba brasilera.

Se carga lateralmente un cilindro estándar, a lo largo de uno de sus diámetros hasta llegar a la rotura, el calculo esta especificado en la norma ASTM C-496-96 y se hace mediante la siguiente formula:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi hd}$$

donde:

F_{ct} : resistencia a la tracción del concreto

P : carga de rotura

h : longitud de cilindro

d : diámetro de cilindro

La durabilidad:

El tema de la durabilidad es muy amplio que requiere de un tratamiento a profundidad que establece una serie de criterios en la elección de la relación agua/cemento más adecuado en cada uno de los casos de forma particular. De esta forma existirá por parte del proyectista alternativas diversas que le permitan considerar de acuerdo a las condiciones específicas que cada caso lo exija (Abanto, 2010)

Los componentes del concreto:

Son cemento, agua, agregados, aditivos

Cemento:

Es el principal componente del concreto es un material pulverizado, siendo el aglomerante más conocido y utilizado en esta investigación el cemento Portland tipo I, este aglomerante en contacto con una cantidad de agua forma una pasta moldeable con capacidad de endurecer, pudiendo ser al aire libre o sumergido en agua. Se excluyen la cal hidráulica, cal aérea y yeso (Norma NTP 334001).

Para obtener el cemento se realiza la pulverización del Clinker, el mismo que se produce por un proceso de calcinación de materiales calcáreos y materiales arcillosos a elevadas temperaturas por encima de los 1500°C aproximadamente, llegando hasta un punto de fusión. (Harmsen, 2005, p.11)

La palabra el cemento señala al material aglomerante que posee propiedades de cohesión y adherencia, las cuales permiten juntar partes solidas de fragmentos minerales entre sí para lograr formar una masa compacta con resistencia y durabilidad adecuada” (Sánchez, 2001, p.27)

Los componentes del cemento

Siendo las materias primas que se utiliza en la fabricación del cemento portland principalmente la sílice, la cal, alúminas y hierro; para se ha de entender como química del cemento a aquella química de los aluminatos cálcicos hidratados y de los silicatos. (Sánchez, 2001, p.35)

Se consideran cuatro los compuestos principales del cemento portland, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 5: Compuestos del cemento portland

Nombre	Composición	abreviatura
SILICATO tricálcico	3CaOSiO_2	C_3S
SILICATO dicalcico	2CaOSiO_2	C_2S
.ALUMINATO tricalcico	$3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$	C_3A
.FERRO-ALUMINATO tetracalcico	$4\text{CaOFe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fuente: Sanchez,2001,p.35

Los tipos de cemento

La norma ASTM – C – 150 – 99a, clasifica a los cementos de acuerdo a sus características / propiedades particulares de la siguiente manera: cemento **Tipo I** para el uso general, este tipo de cemento no posee propiedades especiales para la construcción, luego también clasifica como tipo II, III, IV y V que tienen diversas propiedades respecto al calor de hidratación, la resistencia a temprana edad y la resistencia a los sulfatos.

En la presente investigación se utilizó el cemento portland **Tipo I**, para la preparación del concreto patrón y de los experimentales.

Agua:

Es otro de los ingredientes del concreto, es el elemento que inicia el proceso de hidratación y por tanto se experimenta en unión con el cemento las reacciones químicas que producen una pasta moldeable bien hidratada, que le proporciona esta pasta la propiedad de fraguarse y endurecerse con el paso del tiempo.

Las características recomendables del agua para su uso en concreto es que sea de preferencia potabilizada y debe cumplir las especificaciones de la NTP 339.088,2014.

Es posible usar el agua no potable siempre que lo autorice el supervisor, previo a la realización de ensayos en laboratorio o in situ, y sus resultados deben de cumplir los límites permisibles dados en la norma(Rivva,2013, p30)

Tabla 6: Requisitos del agua en concreto y su curado

Descripcion	Límites permitidos
Cloruros (ión Cl)	
• Concreto pretensado	500 (ppm)
• Otros concretos reforzados en ambiente húmedos	1,000 (ppm)
Sulfato (ión SO ₄)	3,000 (ppm)
Álcalis (óxido de sodio y óxido de potasio)	600 (ppm)
Sólidos totales por masa	50,000 (ppm)
Materia orgánica	3 (ppm)
Potencial hidrógeno	5 a 8
Sólidos en suspensión	5,000 (ppm)

Fuente: NTP 339-088, 2014 y Rivva, 2013 pág. 30

Agregados:

Se define como el conjunto de particuladas sólidas pétreas de origen natural o artificial, los cuales se deben encontrar entre los límites de granulometría requeridos por la norma (NTP 400.037, tanto para agregado grueso (gravas) que tiene partículas con tamaño mayor a 10mm así como para el agregado fino (arena) que tiene partículas con tamaño hasta los 10mm.

Los agregados pueden llegar a representar hasta los 3/4 partes del volumen de la mezcla, por lo que es necesario determinar las características físicas y mecánicas que cada zona en donde se extrae.

AIRE	1% - 3%
CEMENTO	7% - 15%
AGUA	15% - 22%
AGREGADOS	60 % - 70 %

Figura 2: Volumen de componentes de concreto

Fuente: NTP 400.037.2002

Requerimientos de los agregados según Norma.

Para la elaboración de un concreto convencional con peso normal entre 2,200 y 2,500 kg/m³, tienen que cumplir requisitos y especificaciones que indica la norma técnica peruana NTP 400-037-2002 y ASTM C-33, y se deberá evaluar de forma independiente los agregados grueso y fino.

Cuando se utiliza un agregado integral, comúnmente conocido en nuestro medio como “ripio” deberá ser evaluado y cumplir con la normatividad que señala la NTP E-060 Según Lopez (1999) los agregados que se seleccionan han de ser procesados, transportados, almacenados y ser dosificados de forma tal que se logre garantizar que:

- Sea mínima la pérdida del material fino.
- Se mantenga la uniformidad del agregado.
- No se produzca contaminación con extrañas sustancias
- No se generen roturas o segregación considerable entre estos.

Agregado Fino: arena

Es aquel material inorgánico que proviene de un proceso de desintegración natural de las rocas (NTE E.060 – Concreto Armado, 2016, p. 24). Sus partículas que lo componen pasan la malla con abertura de 9.5 mm o tamiz 3/8” (NTE E0.60, 2009, p.25)

Los agregados que se seleccionan han de ser procesados, transportados, almacenados y ser dosificados siempre que cumplan los siguientes requisitos:

- Puede tener un origen natural o también artificial, o combinación de las dos
- Sus partículas deben ser limpias con perfil angular, compacto y resistente de preferencia.
- No debe contener polvo ni terrones de tierra, partículas escamozas, esquistos, álcalis u otro tipo de sustancia perjudicial o dañina.
- El módulo de fineza debe estar comprendido entre los valores de 2.3 y 3.1, y su valor debe mantenerse solo con una variabilidad de ± 0.2
- No debe contener materia orgánica, determinada con las condiciones que proporciona la NTP 400.013-2013

- Por último, las partículas que lo componen deben cumplir con los límites de gradación recomendados por la NTP 400.037-2002, ver tabla siguiente

Tabla 7: granulometría de la arena – agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8	100
N°4	95 - 100
N°8	80 - 100
N°16	50 - 85
N°30	25 - 60
N°50	5 - 30
N°100	2 - 10

Fuente: NTP 400.037-2002

El módulo de fineza:

Según Abanto 2001, el módulo de fineza es la representación del promedio ponderado del tamaño de las partículas de la muestra, mas no es la representación de la distribución de las partículas de la muestra.

Para calcular el valor del módulo de fineza, el cual viene a ser un factor empirico, se debe dividir entre cien la sumatoria de los porcentajes que se retienen en las mallas siguientes: N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 3/8”, 3/4”, 1 1/2”, 3” y mayores si se incrementa la relación desde 2 a 1 (Sánchez, 2013).

Agregado Grueso: Grava

Es aquel material inorgánico que proviene de un proceso de desintegración natural o mecánica de las rocas (NTE E.060 – Concreto Armado, 2016, p. 24), el mismo que es retenido por la malla con abertura de 4.75 mm o tamiz N°4 (NTE E0.60, 2009, p.25)

Según Rivera (2013) el agregado grueso que se seleccionan han de ser procesados, transportados, almacenados y ser dosificados siempre que cumplir con los siguientes requisitos:

- Sus partículas deben ser preferentemente limpias, presentan un perfil angular y duro, compacto, resistente; y sobre todo que la textura superficial sea rugosa.
- Las partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm.
- El tamaño máximo del agregado comúnmente es de 19 mm o el de 25 mm.
- Debe ser un material químicamente estable
- No debe contener polvo ni terrones de tierra, limos, humus, materia orgánica. Sales u otro tipo de sustancia perjudicial o dañina.
- No debe presentar en su superficie incrustaciones.
- La gradación preferentemente ha de ser continua.
- Las partículas retenidas en el tamiz 1 1/2" no debe ser superior al 5%
- Las partículas pasantes en el tamiz 1/4" no debe ser superior al 16%
- El tamaño máximo nominal del agregado grueso, según la NTP400.011, señala que es la abertura de la malla siguiente al tamiz que pasa entre el 95 al 100%
- Por último, las partículas que lo componen deben cumplir con los límites de gradación recomendados por la NTP 400.037-2002, ver tabla siguiente:

Tabla 8: Porcentaje pasante por tamices normalizados

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037

Propiedades de los agregados:**Peso específico de loa agregados:**

Esta propiedad es importante porque nos sirve como un indicador de la calidad del material. Se considera de buena calidad si el valor es elevado, y en consecuencia si los valores son bajos el material se considera que es un material débil y absorbente.

Para determinar su valor se establece un método de ensayo para el agregado fino en la norma NTP 400.022, también se determinar el peso específico aparente, peso específico saturado superficialmente seco y absorción.

Para determinar su valor del peso específico del agregado grueso se establece un método de ensayo en la norma NTP 400.021, estableciendo la relación de la masa al aire con la masa con densidad igual de un volumen igual de agua destilada. Rivera, 2013.

La absorción de agregados

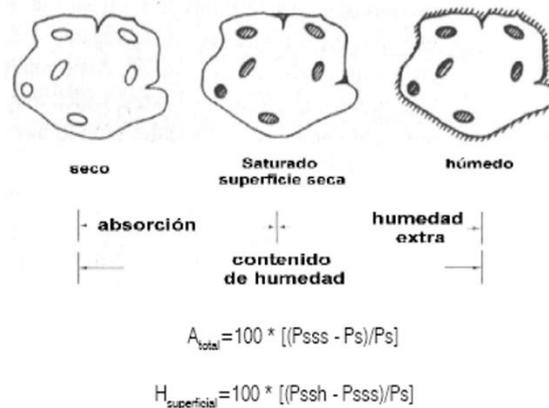
Se define como el valor de una determinada de agua que absorbió el agregado durante 24 horas de estar sumergido en agua y la cantidad de peso de agregado seco. Se expresa en porcentaje. Esta propiedad se ensaya bajo la NTP 400.021 y la NTP 400.022 tanto para el agregado grueso y fino respectivamente.

Contenido de humedad de agregados

López (2010), señala que los agregados se encuentran siempre en un determinado estado, y estos son: agregado seco al aire, agregado saturado superficialmente seco y agregado húmedo. Los ensayos para determinar el valor del contenido de humedad de agregado grueso y fino lo establecen la norma técnica NTP 339.185.

En los diseños de mezcla para concreto se considera los valores de contenido de humedad de los agregados en condiciones de saturación y en condiciones superficialmente secos.

Figura 3: Estados del agregado



Fuente:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fuaptecnologiadeconcreto.blogspot.com>

Textura y forma de los agregados

Según Lopez (2010) las características físicas de la textura y la forma que poseen las partículas de los agregados influirán de forma significativa en los resultados que se obtengan de las propiedades del concreto. Existe un efecto de anclaje físico mecánico como una relación que se genera entre la forma, el tamaño, la textura superficial y el acomodamiento de las partículas en una mezcla de concreto. Se producen también efectos mecánicos de adherencia entre los agregados y la pasta de cemento y que se condicionan por la textura y forma de las partículas. Tanto en los efectos de anclaje mecánico como la adherencia, contribuirán en el comportamiento final de la resistencia y la durabilidad del concreto.

Aditivos:

Son aquellos productos artificiales o de origen natural que forman parte de la mezcla de concreto, y se adicionan durante el mezclado, con la finalidad de proporcionar o modificar algunas propiedades del concreto para que tenga mejores condiciones de trabajabilidad, mejor comportamiento ante los climas fríos o cálidos, reducir el tiempo de fraguado o acelerarlo, incorporación de aire, entre otros.

Diseño de mezcla de concreto

Viene a ser un procedimiento de carácter meramente empírico, y se basa principalmente en conseguir una resistencia a la compresión requerida en un periodo de tiempo, pese a existir muchas otras propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción, flexión, torsión, etc.

El diseño de mezcla también considera criterios como la manejabilidad adecuada del concreto para ser trasladado y colocado en un tiempo determinado. También se debe de realizar un diseño que permitan al concreto cumplir sus propiedades cuando la estructura se pone en servicio. (Sánchez, 2001)

Mediante el diseño se debe calcular la proporción de cada uno de los componentes del concreto para obtener el mejor resultado posible.

Hay varios métodos de diseño de mezclas de concreto, algunos de ellos son muy complejos porque manejan un número mayor de variables o parámetros de los que van a depender los resultados. Se puede casi afirmar que no existe un método de diseño de mezcla que con certeza nos proporcionará un resultado exacto, empero, existe la opción de seleccionar algún método según sea la ocasión o contexto. (López, 2010)

Parámetros de diseño

Entre otros podemos mencionar los siguientes:

- Resistencia a compresión
- Relación agua cemento
- Los volúmenes absolutos
- Granulometría de agregados
- Tamaño máximo de piedra
- Trabajabilidad
- Economía +
 - a. La resistencia a la compresión es un parámetro ineludible de considerar ya que este lo exige el proyecto desde sus características estructurales.
 - b. La relación agua cemento es un parámetro también esencial en las consideraciones de resistencia y durabilidad que se desea en el concreto. De acuerdo a las condiciones ambientales a la que estará expuesta una estructura

se debe considerar reducir las consecuencias de una alta agresividad y exposición del concreto, es así que se asume entonces una baja relación agua cemento que permita más impermeabilidad, mejorar la resistencia a la abrasión y desgaste.

- c. En los diseños de mezclas se consideran los volúmenes de los materiales que se usan para el concreto sin considerar los vacíos en ellos, cuando se realiza la sumatoria de todos ellos en conjunto con el aire atrapado se tendrá como resultado la unidad de medida adoptada generalmente que es el metro cúbico.
- d. Se utiliza de forma general la gradación de los agregados en todos los métodos de diseño con la finalidad de un eficiente acomodo de las partículas que genere una masa de alta densidad, buena resistencia, impermeabilidad, y trabajabilidad.
- e. Uno de las consideraciones que se tiene en cuenta en la granulometría de los agregados es el Tamaño Maximo, su forma y su textura, siendo proporcional que a mayor tamaño maximo y de forma redondeada menor será la cantidad de agua requerida. (Abanto, 2010).
- f. El parámetro de la trabajabilidad y la trascendencia es el más manejado al realizar un diseño de mezcla, al elaborar el concreto y al momento de la colocación del mismo, pero es el más difícil de determinar cuantificar y de evaluar en cantidades absolutas. Por lo general se recurre al SLUMP como procedimiento para su evaluación.
- g. Al reconocer que el costo de concreto es la sumatoria de los costos de los componentes, la mano de obra y los equipos. Siendo los costos de los materiales representan el costo mas importante de los 3 antes mencionados. es por ello que se ha de tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Es claro también que dentro de los materiales se destaca el cemento y por tanto incide grandemente en el costo del concreto, es por ello que la investigacion aporta en este sentido el uso de un aglomerante como la arcilla para reemplazar el cemento y reducir su costo.

La arcilla:

La arcilla es un material de origen natural que lo constituyen minerales en forma de granos o partículas con diámetros específicos. La arcilla se convierte en un material altamente moldeable cuando se le combina con agua, hasta sus límites permitidos, por lo que tiene una adaptabilidad a cualquier forma, se logra endurecer tras el secado, ya sea al aire o por ser sometido al calor.

Es por estas bondades que la arcilla se usa ampliamente para la realización de objetos cerámicos, desde la antigüedad hasta la fecha, los primeros vestigios históricos de cerámica por el hombre tienen a la arcilla como materia prima.

Desde el aspecto físico la arcilla es considerada un coloide, que posee partículas muy pequeñas con una superficie lisa. Las partículas de la arcilla tienen diámetro que no supera los 0.002 mm. Respecto a la textura de la arcilla pueden ser partículas no minerales, los fitolitos.

Desde el aspecto químico la arcilla es un silicato hidratado de alúmina, la cual tiene la siguiente composición:



La arcilla se caracteriza por obtener plasticidad cuando es mezclada con agua, y luego consigue dureza y sonoridad cuando se le calcina por encima de 800°C.



Figura 4: Arcilla

Fuente: <https://www.terrasdebuno.com/wp-content/uploads/arcilla-granel.png>

Las arcillas y su clasificación

Primarias:

Se les considera así a aquellas que se ubican en el mismo lugar donde se originaron o formaron, no han sufrido un cambio de lugar por efectos de transporte natural ya sea por las fuerzas del agua y del viento. Estas arcillas son bastantes raras y sus características principales son:

- Color blanco a gris
- Presentan baja plasticidad
- Son muy puras

Secundarias:

Se les considera así a las arcillas más comunes sobre la superficie terrestre, estas arcillas son las que se originaron o formaron al pasar los años desde la desintegración de las rocas madres en un punto geográfico y luego posteriormente sedimentándose en lugares algunas veces muy lejanos por efectos del transporte de las partículas por las fuerzas del agua y del viento. Estas arcillas presentan las características principales siguientes:

Color rojo, amarillo, marrón, gris, etc. (diversos)

Presentan media o alta plasticidad

No son puras

Química y estructura de la arcilla

Los minerales de arcilla se constituyen por laminas en forma de tetraedros con la composición química genérica: Si_2O_5 , en forma individual cada tetraedro se une por sus esquinas con otros 3 tetraedros y forman una red en forma hexagonal. Cada tetraedro tiene una composición química SiO_4 . En algunas ocasiones los átomos de hierro y de aluminio pueden sustituir de forma parcial el silicio en la estructura.

También algunas veces se forman laminas paralelas compuestas por octaedros con los átomos de oxígeno que se ubican en los ápices de los tetraedros. Las laminas paralelas suelen estar coordinados por los cationes de Mg, Al, Fe^{2+} y RFe^{3+} , los cuales forman el centro del octaedro.

Justificación

la investigación desarrollada contribuye con las propiedades de resistencia mecánica para un concreto $F'c$ 210 kg/cm², con el reemplazo de dos porcentajes de arcilla (10% y 20%) proveniente de Anta, en lugar del cemento portland respecto a su peso. Se tiene en consideración la capacidad estructural y también el índice de condición operativa que tiene la superficie de la estructura, en el futuro los resultados de esta investigación permitirán tomar decisiones importantes para tener una mejora calidad de concreto: condiciones mecánicas y vida útil, es decir que el concreto no presente fallas evitar agrietamientos y un confort para los usuarios.

En la actualidad el bienestar y desarrollo es el anhelo de las poblaciones del Peru, por tanto, esperamos un aumento de las investigaciones respecto a las arcillas u otros materiales de fácil acceso y bajo costo para ser utilizados como reemplazo del cemento.

La investigación tiene **una justificación social** ya que el uso de un material como la arcilla, la cual es de fácil obtención y tiene un bajo costo respecto al cemento, es una contribución a la reducción de costos de producción del concreto y por ende, la comunidad aumenta la capacidad de mejorar las estructuras (viviendas etc) que puedan usar el concreto como material principal.

e que puede sustituir al cemento y por ende disminuye costos, y contribuye a menor consumo del cemento.

La investigación tiene una **justificación tecnología**, ya que se aporta a la industria de la construcción un método de elaboración de concreto con la sustitución del cemento por arcilla en porcentajes que permiten mejorar o mantener en el peor de lo casos su comportamiento mecánico en el concreto.

En la actualidad la problemática de la construcción con concreto y sus elevados costos, permite que la investigación contribuya a disminuir costos del concreto y sobre todo contribuir con el medio ambiente respecto a las emisiones de gases a la atmosfera por las temperaturas elevadas que se utiliza las empresas cementeras.

La ingeniería civil recibe un aporte de un nuevo material cementante suplementario de origen inorgánico natural: la arcilla. Esta posee una sostenibilidad para su uso en la ciudad de Carhuaz, en gran parte de nuestro país y el mundo. Y se aprovecha por tanto un recurso natural local.

Problema

Realidad problemática

En el mundo específicamente en la industria de la construcción es necesidad indispensable el uso del concreto como material principal en la construcción de estructuras civiles y es bastante difícil de reemplazar porque no existen innovaciones respecto al concreto y a los equipos para elaborarlos transportarlos y colocarlos.

Es en este contexto todo ingeniero civil debe ser consciente de su rol dentro del planeamiento de construcciones y tecnologías nuevas en los procesos constructivos y nuevos materiales. Por ejemplo, en Inglaterra el 40% de la inversión del estado se destina para mantenimiento de la construcción, lo que representa un 4% de su PBI (Neville, 2 001)

Existe muchos problemas en las construcciones con concreto, es el caso de la durabilidad, una característica que es muy perjudicial en la vida útil del concreto, y los periodos de diseño. Esto ocasiona pérdidas económicas y también costos elevados para los propietarios o inversores, porque se tiene que reparar o sustituir elementos que no pueden ser recuperados y no cumplen adecuadamente su función estructural.

En estos tiempos en la ciudad de Carhuaz, como otras del país, padece una problemática en la construcción por el bajo rendimiento de tienen las edificaciones en los aspectos de durabilidad y vulnerabilidad que será probada por esfuerzos temporales como son los sismos. Esta problemática se debe a que los constructores intentan economizar, reducir costos, entonces no se usa de forma correcta los materiales como el cemento tanto en cantidad como en calidad del mismo.

Se parte de esta realidad del contexto para el presente estudio, el cual intenta aportar con la innovación de uso de materiales locales que sustituyen el cemento en las zonas más pobres. La investigación ha propuesto la sustitución del cemento en un diseño de mezcla para un concreto de resistencia $F'c$ 210 kg/cm², por arcilla proveniente del distrito de Anta, en la provincia de Carhuaz. La sustitución del cemento es respecto a su peso en 10% y 20% con lo que se busca conseguir mejorar o mantener el valor de las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión del concreto.

Ante esta situación actual expuesta, el estudio plantea como problema de investigación:

¿Cuál es la influencia en las propiedades mecánicas del concreto cuando se sustituye el cemento en 10% y 20% por la arcilla de Anta, Carhuaz?

Conceptualización y operacionalización de variables.

Variable independiente:

Arcilla

Porcentaje de arcilla

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Porcentajes de arcilla	La arcilla es un material natural que está constituido por minerales en forma de granos cuyas partículas tienen un diámetro inferior a 0,002 mm. Según Corría (2018)	Sustitución en dos porcentajes por la arcilla activada por cemento en el diseño de concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.	10% y 20%

Variable Dependiente:

Resistencia a la compresión:

Definición conceptual:

Viene a ser el esfuerzo máximo que soporta un determinado material para no llegar a la rotura. Para el concreto esta propiedad determina la relación entre los esfuerzos y la respectiva calidad (Rivva, L. 2014)

Definición operacional:

Se calcula realizando una división de la carga que se aplicó en el ensayo por el área de la sección transversal (MTC E 704-2000).

La carga Axial o fuerza axial actúa en todo el eje y produce un esfuerzo en similares partes.

Carga de rotura es la máxima carga que soporta un elemento antes de que se rompa.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Resistencia 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 de concreto bajo una carga axial	Kg/cm ²

La investigación plantea como hipótesis que la sustitución del cemento en 10% y 20% por arcilla activada térmicamente mejoraría la resistencia a la compresión del concreto.

Para el poder demostrar la veracidad o falsedad del planteamiento anterior el autor considera plantearse como objetivo general el determinar las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al sustituir el cemento por 10% y 20% de arcilla de Anta, Carhuaz

Para lo cual se debe cumplir con objetivos específicos tales como:

- Caracterizar el tipo de arcilla y sus propiedades físicas (límites de Atterberg)
- Definir la composición química de la arcilla.
- Determinar la temperatura de calcinación de la arcilla.
- Determinar la alcalinidad de la arcilla
- Determinar la relación agua cemento del concreto convencional y los concretos experimentales mediante el diseño de mezcla.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimentales.

II. Metodología

Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

El tipo de la investigación desarrollada es del tipo explicativo porque se ha logrado explicar el comportamiento mecánico del concreto: resistencia a la compresión mediante la realización de los ensayos de laboratorio en la Universidad San Pedro, sede Central.

El tipo de la investigación desarrollada es del tipo aplicada porque se ha logrado obtener resultados satisfactorios para uno de los porcentajes que permiten dar una solución a la problemática existente en la zona y por tanto se consigue un concreto mejorado con uso de arcilla en las condiciones indicadas más adelante, tanto en la resistencia como en la trabajabilidad.

Diseño de investigación:

El presente estudio desarrollado en la universidad San Pedro, con uso de arcilla de Anta, y agregados de Chimbote, corresponde a un diseño experimental, ya que se ha podido aplicar la experimentación mediante procedimientos, ensayos y la observación científica se llegó a determinar con exactitud la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimentales según su propio diseño de mezcla. El nivel de la investigación es **cuasi experimental** porque tiene una muestra patrón o de control sobre el que se referirán los experimentales.

A continuación, se muestra el resumen del diseño factorial de este estudio:

Propiedades mecánicas

Edades de ensayo (Días)	Muestra		
	Patrón	10%	20%
7			
14			
28			

.

Población y muestra de la investigación.

Población:

es el conjunto de especímenes de concreto en forma cilíndrica que se conocen con el termino de “probetas de concreto” que se elaboran con un diseño de mezcla específico.

Muestra:

Para la presente investigación se elaboraron y ensayaron 27 probetas de concreto, de acuerdo a la normatividad vigente en su totalidad, de ellas se distinguen 3 diferentes dosificaciones en sus componentes y son:

Probetas de concreto convencional o patrón fueron 9 las cuales se evaluaron a distinto periodo de curado: a los 7, 14 y 28 días.

Probetas de concreto experimental donde se sustituyó el cemento por el 10% de arcilla calcinada fueron 9, las cuales se evaluaron a distinto periodo de curado: a los 7, 14 y 28 días.

Probetas de concreto experimental donde se sustituyó el cemento por el 20% de arcilla calcinada fueron 9, las cuales se evaluaron a distinto periodo de curado: a los 7, 14 y 28 días.

Técnicas e instrumentos de la investigación:

Las técnicas que se utilizaron en la investigación se llevaron a cabo a través de métodos como la observación directa sobre las muestras.

El registro de los datos en cada etapa de los ensayos se realizó con mucho cuidado y orden haciendo uso de cuaderno de apuntes de laboratorio y fichas de recolección de información.

Técnica: Observación directa

Instrumentos: Guías de observación

Cuaderno de apuntes

Fichas técnicas

Procesamiento y análisis de información

Los datos que se han obtenido de la caracterización de los agregados, las temperaturas de calcinación, el potencial hidrogeno, la relación agua cemento, las resistencias a la compresión a distintos periodos de curado, corresponden a información que se obtuvo

durante el desarrollo de la tesis, y esta se procesó mediante el uso de hoja de cálculo del programa Excel de Office 2018.

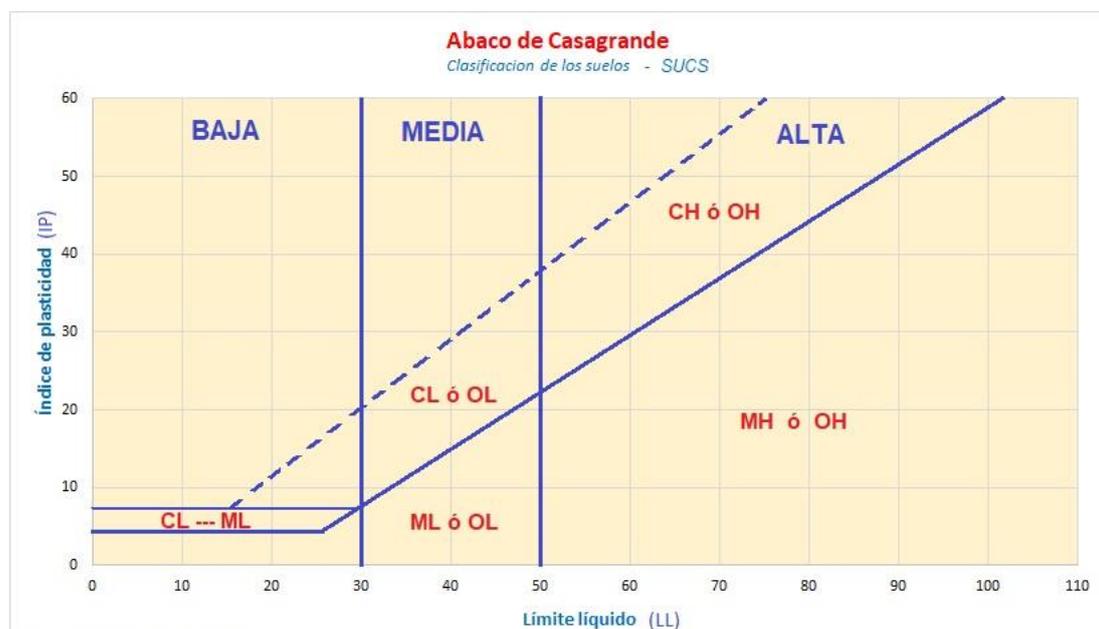
El análisis de los datos se realizó considerando lo siguiente:

- Uso de método ACI para el cálculo de las proporciones de los diseños de mezcla del concreto patrón y experimentales que sustituyen el cemento en 10% y 20% por arcilla de Anta – Carhuaz.
- Las tablas y gráficos de los porcentajes y resultados obtenidos de las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión que se han evaluado, sirven para verificar la hipótesis planteada.

Clasificación de los suelos

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa. La mecánica de suelos desarrolló estos sistemas de clasificación desde un principio debido al escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos; nacieron así varios sistemas, de los cuales, los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente (Juárez y Rico, 2009)

Figura 5 : Abaco de Casagrande



Fuente: Sosa Barroso Ángel

III. Resultados

1. Respecto al primer objetivo específico de la caracterización del material experimental: arcilla de Anta, tenemos los siguientes resultados:

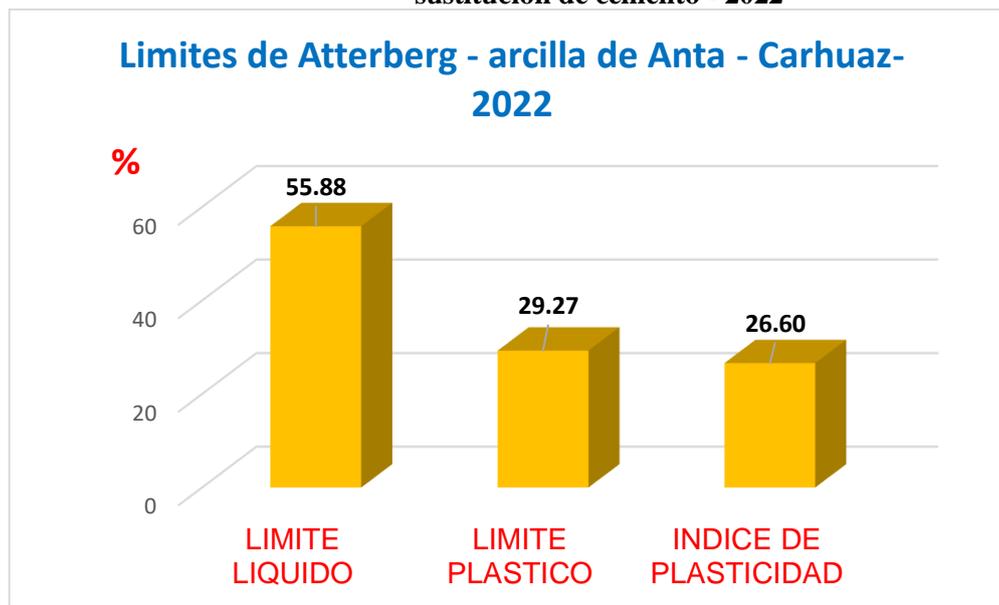
➤ **Los límites de consistencia:**

Tabla 9: Los límites de consistencia: LL y LP de la arcilla de Anta para sustitución de cemento - 2022

Descripción	Unidad	Muestra N°	Normatividad
*El Limite liquido	Porcentual	55.88	MTC E_110, ASTM D_4318 AASHTO T.89
*El Limite plástico	Porcentual	29.27	MTC E_111, ASTM D_4318 AASHTO T.90
*El Índice de Plasticidad	Porcentual	26.60	ASTM D.438

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Figura 6: Los límites de consistencia: LL y LP de la arcilla de Anta para sustitución de cemento - 2022

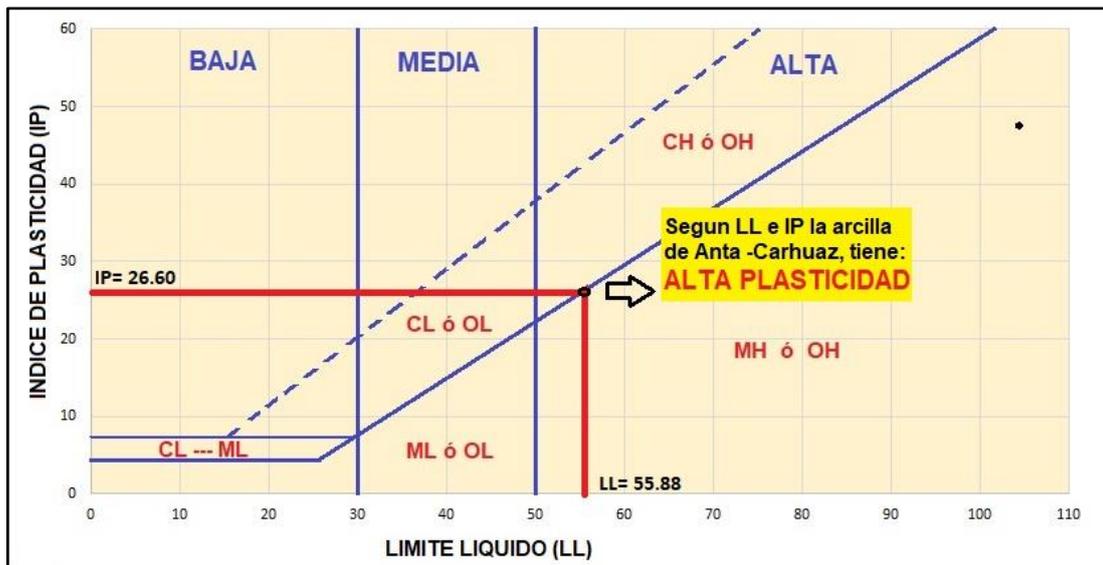


Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

➤ **Tipo de arcilla:**

Según los límites de consistencia y haciendo uso del Abaco de Casagrande se puede señalar que la arcilla utilizada en nuestra investigación procedente de Anta, Carhuaz tiene **Alta Plasticidad** como se verifica en la figura siguiente:

Figura 7: Plasticidad de la arcilla de Anta- Carhuaz, según Abaco de Casagrande y Límites de Atterberg



Fuente: Elaboración propia según Abaco de Casagrande

2. Determinar la temperatura de calcinación de la arcilla.

Se evaluó las temperaturas de calcinación de la arcilla a través de Análisis Térmico Diferencial ATD que se realizaron en los trabajos precedentes donde se utilizó como material experimental a la arcilla calcinada como aglomerante en una mezcla de concreto.

**Tabla 10: Evaluación de las temperaturas de calcinación según
Análisis térmico diferencial de la arcilla.**

Estudio	Temperatura de calcinación (°C)	Según Análisis Térmico Diferencial		
		Promedio	Limite superior	Limite inferior
Arévalo	600	595	832.5	550.12
Vasquez	700	595	832.5	550.12
Hernández	540	595	832.5	550.12

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio

La determinación de temperatura se realiza por Análisis térmico diferencial, se utiliza por lo general un espectrómetro de FRXDE con ánodo de oro que opera con voltaje de 30 Kv y una corriente de 15-20 uA. que opera con voltaje, se acumula un durante un intervalo de 400 segundos y se utiliza más de 2000 canales. Con diferentes ángulos de incidencia y salida 45°, la distancia de 4 cm desde la muestra hasta la fuente de rayos X.

Esta prueba permite la detección de elementos químicos de numero atómico Z igual o mayor a 13, haciendo primero un análisis elemental cualitativo de las muestras.

Desviación Estándar = 75.50 °C

- Respecto al segundo objetivo específico de la caracterización de los agregados para el concreto F'c 210 Kg/cm². Con sustitución de cemento por arcilla de Anta, tenemos los siguientes resultados:

➤ **La granulometría del material experimental: AGREGADO FINO**

**Tabla 11: El análisis granulométrico del Agregado Fino: Arena,
cantera Rubén – Chimbote. 2022**

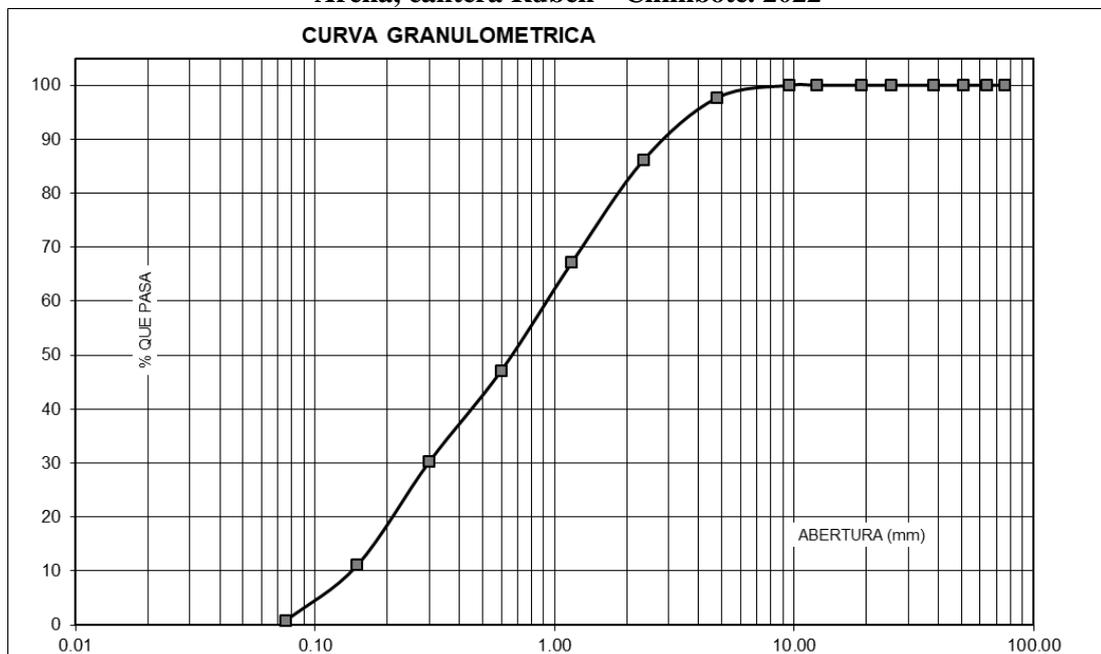
Abertura		Peso retenido parcial (gr)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	Límites ASTM/C-33 (%)	
mm	Pulg/N°						
9.52	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.0	100	100
4.76	N° 4	24.2	2.3	2.3	97.7	95	100
2.36	N° 8	118.9	11.4	13.8	86.2	80	100
1.18	N° 16	198.4	19.1	32.8	67.2	50	85
0.60	N° 30	207.7	20.0	52.8	47.2	25	60
0.30	N° 50	175.7	16.9	69.7	30.3	5	30
0.15	N° 100	199.6	19.2	88.9	11.1	0	10
0.08	N° 200	107.8	10.4	99.3	0.7	0	5
ASTM C-117.04	Plato	7.5	0.7	100.0	0.0		
TOTAL		1039.8	100				

MODULO DE FINEZA: 2.60

Según Norma: $2.3 < MF < 3.1$); por tanto: **Acceptable**

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

**Figura 8: CURVA GRANULOMETRICA del agregado fino:
Arena, cantera Rubén – Chimbote. 2022**



Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

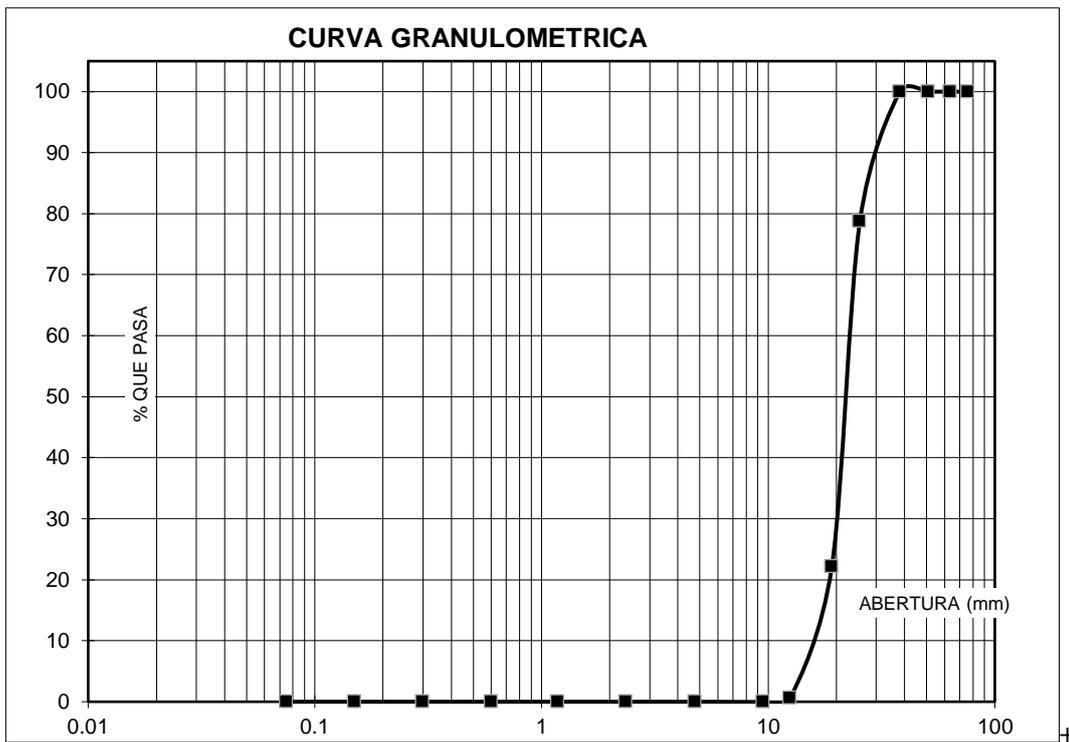
➤ **La granulometría del material experimental: AGREGADO GRUESO:**

Tabla 12: El análisis granulométrico del Agregado Grueso: Piedra Chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022

Abertura		Peso retenido parcial (gr)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	Límites ASTM/C-33 (%)	
mm	N°						
76.2	3 “	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
63.5	2 ½”	0.00	0.0	0.0	100.0	95	100
50.8	2 ”	0.00	0.0	0.0	100.0	80	100
38.1	1 ½”	0.00	0.0	0.0	100.0	50	85
25.4	1”	245.2	21.2	21.2	78.8	25	60
19.1	¾”	654.1	56.6	77.8	22.2	5	30
12.5	½”	249.2	21.6	99.4	0.6	0	10
9.52	3/8”	7.0	0.0	100.0	0.0	0	5
4.76	4	0.00	0.0	100.0	0.0		
ASTM C-117.04	Plato	0.00	0.0	100.0	0.0		
TOTAL		1155.5	100				
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: 1”							

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Figura 9: CURVA GRANULOMETRICA del agregado
Grueso: Piedra chancada cantera Rubén – Chimbote. 2022



Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

**Tabla 13: El peso unitario SUELTO de Agregado Fino: Arena, cantera Rubén –
Chimbote. 2022**

muestra	Peso unitario Suelto		
	01	02	03
Pes. de material. + Pes. Molde	7640	7620	7640
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de material	4280	4260	4280
Volumen de molde	2788	2788	2788
El peso unitario. (kg/M3)	1535.15	1527.98	1535.15
Valor promedio	1532.76		
Corregido por humedad: 1526.07			

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

**Tabla 14: El peso unitario COMPACTADO de Agregado Fino: Arena, cantera
Rubén – Chimbote. 2022**

muestra	Peso unitario compactado		
	01	02	03
Pes. de material. + Pes. Molde	8360	8350	8320
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de material	5000	4990	4960
Volumen de molde	2788	2788	2788
El peso unitario. (kg/M3)	1793.40	1789.81	1779.05
Valor promedio	1787.42		
Corregido por humedad: 1779.62			

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Tabla 15: El peso unitario SUELTO de Agregado Grueso: Piedra chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022

muestra	Peso unitario Suelto		
	01	02	03
Pes. de material. + Pes. Molde	18320	18550	18540
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de material	13220	13450	13440
Volumen de molde	9354	9354	9354
El peso unitario. (kg/M3)	1413.30	1437.89	1436.82
Valor promedio	1429.34		
Corregido por humedad: 1421.22			

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Tabla 16: El peso unitario COMPACTADO de Agregado Grueso: Piedra chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022

muestra	Peso unitario Compactado		
	01	02	03
Pes. de material. + Pes. Molde	19940	19990	19900
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de material	14840	14890	14800
Volumen de molde	9354	9354	9354
El peso unitario. (kg/M3)	1586.49	1591.83	1582.21
Valor promedio	1586.84		
Corregido por humedad: 1577.84			

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Tabla 17: gravedad especifica y porcentaje de absorción del agregado fino y grueso. – Chimbote. 2022

Característica	Tipo de agregado	
	Fino	Grueso
Peso específico aparente (Kg /m ³)	2.7282	2.898
Absorción (%)	0.98	0.64

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Tabla 18: El contenido de humedad del Agregado Fino: Arena, cantera Rubén – Chimbote. 2022

Contenido de humedad agregado fino -ASTM 2216			
Peso			
A	Recipiente + suelo natural	898.3	901.4
B	Recipiente + suelo seco	895.2	898.4
C	Agua	3.1	3.0
D	Recipiente	201.4	201.4
E	Suelo seco	693.8	697
F	Humedad	0.45	0.43
	Promedio		0.44

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

**Tabla 19: El contenido de humedad del Agregado Grueso:
Piedra chancada, cantera Rubén – Chimbote. 2022**

Contenido de humedad agregado grueso -ASTM 2216-71			
Peso			
A	Recipiente + suelo natural	898.3	901.4
B	Recipiente + suelo seco	895.2	898.4
C	Agua	3.1	3.0
D	Recipiente	201.4	201.4
E	Suelo seco	693.8	697
F	Humedad	0.45	0.43
	Promedio		0.44

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

4. Respecto al cuarto objetivo específico de evaluar la propiedad mecánica principal de un concreto que es la resistencia a la compresión, tanto del concreto convencional o patrón $F'c$ 210 kg/cm² y de los concretos experimentales con sustitución del cemento por 10% y 20% de arcilla del distrito de Anta – Carhuaz se tiene:

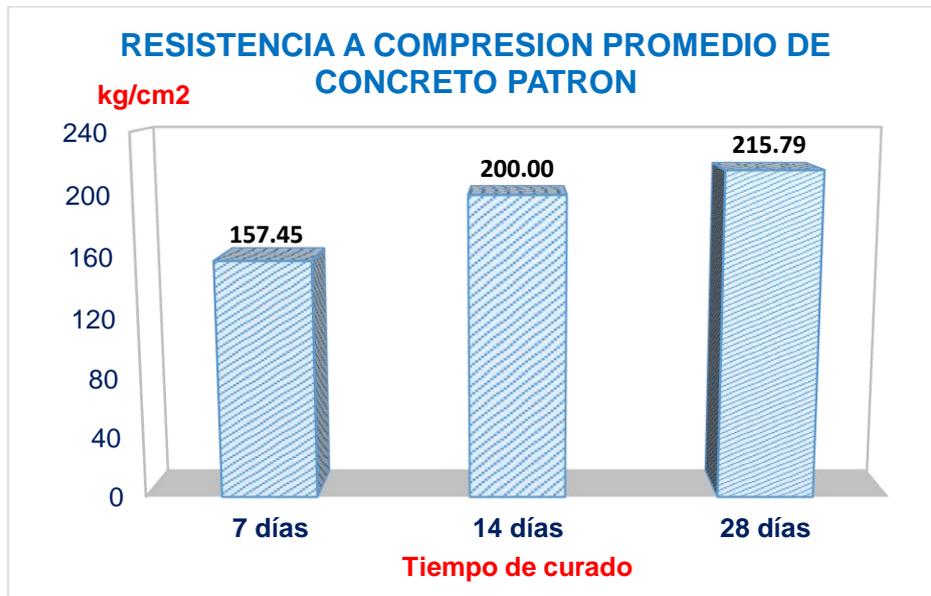
➤ **Resistencia compresión de concreto patrón**

Tabla 20: Resistencia a la compresión de concreto patrón

Testigo	curado (días)	slump (pulgadas)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	% de resistencia
1	7	3.5"	158.88			
2	7	3.5"	160.92	157.45	210	75%
3	7	3.5"	152.56			
4	14	3.5"	199.83			
5	14	3.5"	197.313	200.00	210	95%
6	14	3.5"	202.86			
7	28	3.5"	215.04			
8	28	3.5"	216.96	215.79	210	103%
9	28	3.5"	215.38			

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

**Figura 10: Resistencia a la compresión de concreto patrón –
Chimbote. 2022**



➤ Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

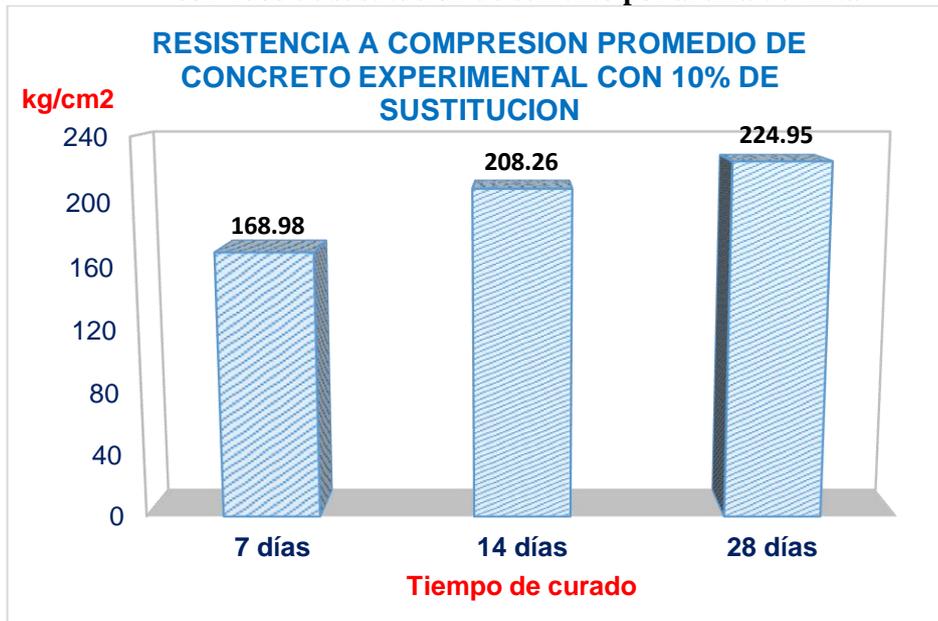
➤ **Resistencia compresión de concreto experimental con 10% de sustitución de cemento por arcilla**

**Tabla 21: Resistencia a la compresión de concreto experimental
con 10% de sustitución de cemento por arcilla de Anta**

Testigo	curado (días)	slump (pulgadas)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	% de resistencia
1	7	3.5"	170.396791			
2	7	3.5"	168.027108	168.98	210	80%
3	7	3.5"	168.525413			
4	14	3.5"	207.044225			
5	14	3.5"	209.910834	208.26	210	99%
6	14	3.5"	207.81575			
7	28	3.5"	223.94345			
8	28	3.5"	227.331872	224.95	210	107%
9	28	3.5"	223.576902			

➤ Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Figura 11: Resistencia a la compresión de concreto experimental con 10% de sustitución de cemento por arcilla de Anta



Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

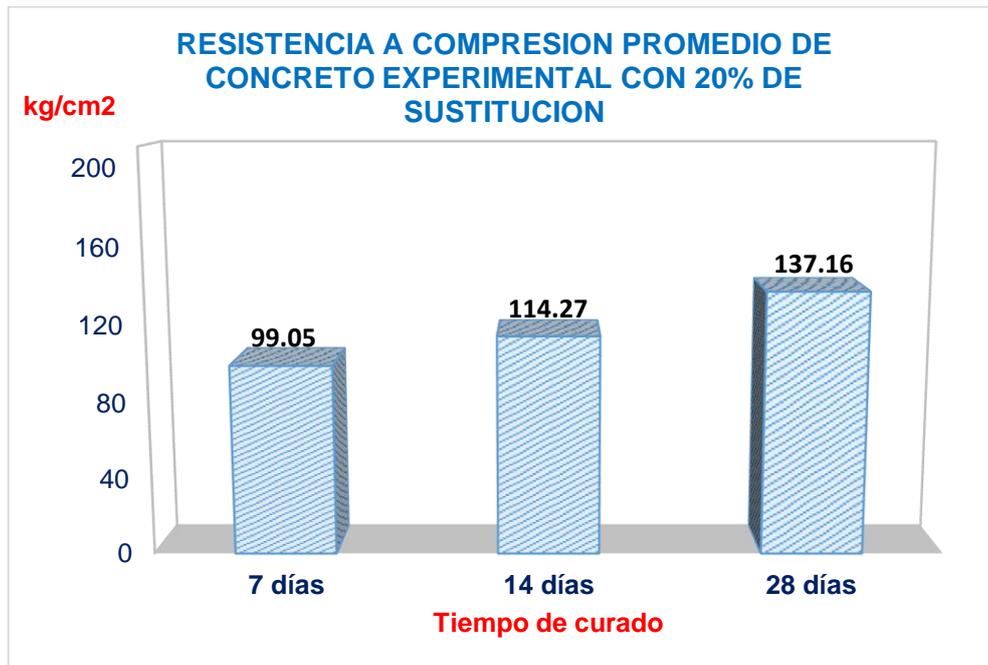
- Resistencia compresión de concreto experimental con 20% de sustitución de cemento por arcilla

Tabla 22: Resistencia a la compresión de concreto experimental con 20% de sustitución de cemento por arcilla de Anta

Testigo	curado (días)	slump (pulgadas)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	% de resistencia
1	7	3.5"	96.0548536			
2	7	3.5"	100.959548	99.05	210	47%
3	7	3.5"	100.120671			
4	14	3.5"	112.604645			
5	14	3.5"	115.618521	114.27	210	54%
6	14	3.5"	114.597281			
7	28	3.5"	142.346349			
8	28	3.5"	135.321825	137.16	210	65%
9	28	3.5"	133.804466			

- Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Figura 12: Resistencia a la compresión de concreto experimental con 20% de sustitución de cemento por arcilla de Anta



Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

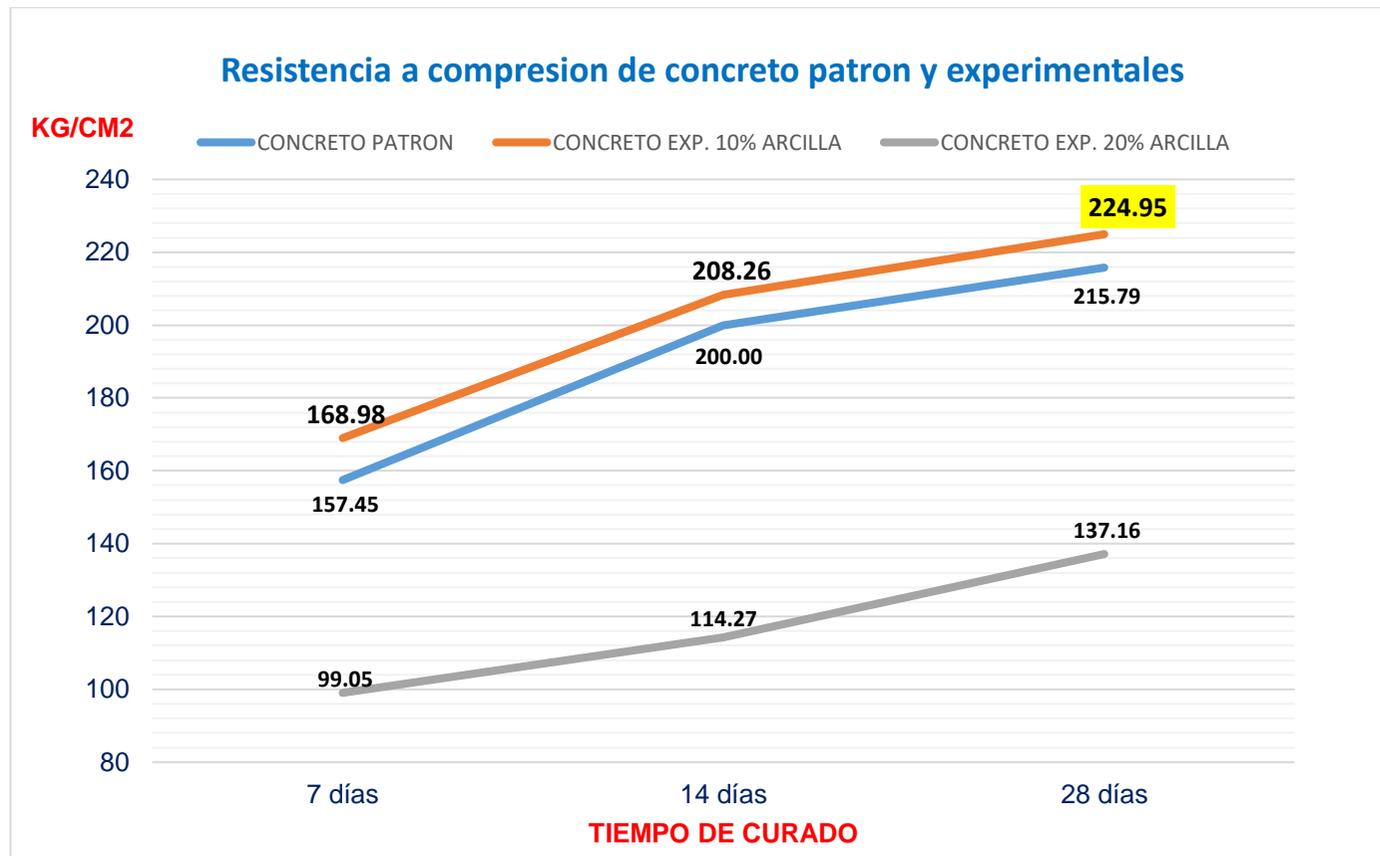
- Comparación de la Resistencia compresión de concreto patrón y experimentales con 10% y 20% de sustitución de cemento por arcilla

Tabla 23: Resistencia a la compresión de concreto patrón y experimentales con 10% y 20% de sustitución de cemento por arcilla de Anta

Curado	Resistencia a compresión (kg/cm ²)			
	Concreto patrón	Concreto exp. 10% arcilla	Concreto exp. 20% arcilla	Concreto diseño
7 días	157.45	168.98	99.05	210
14 días	200.00	208.26	114.27	210
28 días	215.79	224.95	137.16	210

Fuente: Quito Rodríguez Alberico – Laboratorio USP

Figura 13: Resistencia a la compresión de concreto patrón y experimentales con 10% y 20% de sustitución de cemento por arcilla de Anta



IV. Análisis y Discusión

El uso de arcilla como material sustituto del cemento portland en un concreto convencional $F'c$ 210 kg/cm² es posible aplicarlo como un uso en la industria de la construcción con un porcentaje de 10% respecto al peso del cemento, mientras que el concreto experimental con sustitución de 20% apenas llega a los 2/3 de la resistencia de diseño.

Por tanto, nuestra investigación coincide con Muñoz, K. (2020) ya que es posible desarrollar la aplicación de las arcillas como material cementicio suplementario (MCS). También en su metodología de evaluación de las arcillas se indica que las arcillas previamente han recibido un tratamiento térmico: calcinación a temperatura controlada.

Respecto al objetivo específico planteado para determinar la temperatura de calcinación de las arcillas de Anta, Carhuaz son similares a las investigaciones previas de Arévalo, Vásquez y Hernández, estos autores desarrollaron el análisis térmico diferencial de la arcilla y se presentaron valores que al promediarlos nos proporcionaron la temperatura de 560°C por un tiempo de 2 horas, dicho proceso de calcinación controlada previo a su uso para la investigación fue realizado en los laboratorio de la Universidad San Pedro.

Para responder al objetivo específico: determinar la alcalinidad de la arcilla, es necesario señalar que los autores Vásquez y Gonzales presenta valores alcalinos recomendados para una mezcla de cemento-arcilla siendo para los concretos un valor promedio de entre 11 y 12, las combinaciones del aglomerante con la arcilla en porcentajes variados como 3%, 5% 8% 10% 15%, etc. nos indica que su valor alcalino, esta investigación con la combinación del cemento tipo I con sustitución del 10 por arcilla obtenido es 10.4, que representa esta por debajo del rango promedio, pero por muy poco margen.

Las probetas de concreto **patrón** llegan a obtener resistencia a la compresión promedio de 215.79 kg/cm², un valor por encima de la resistencia de diseño y con un proceso de fraguado normal: 7, 14 y 28 días su resistencia fue mayor a 70%, 90% y 100% respectivamente respecto al concreto de diseño.

Las probetas de concreto experimental con sustitución del cemento por **10%** de arcilla calcinada de Anta, Carhuaz, llegan a obtener mejores resultados que el patrón ya que se obtiene resistencia a la compresión promedio de 224.95 kg/cm^2 , superándolo en 4.2% y respecto al concreto de diseño lo supera en 7.1%. el proceso de fraguado es normal ya que a los 7, 14 y 28 días su resistencia fue de mayor a 70%, 90% y 100% respectivamente respecto al concreto de diseño.

Las probetas de concreto experimental con sustitución del cemento por 20% de arcilla calcinada de Anta, Carhuaz, han presentado resultados muy por debajo del concreto patrón, la resistencia a compresión a los 28 días de curado llego solo a 137.16 kg/cm^2 , una resistencia que no es aceptable para uso de este concreto ni en estructuras no estructurales.

Por tanto, en la investigación se llega a comprobar que el uso de la arcilla como material cementicio suplementario es posible solamente cuando esta sustitución representa el 10% respecto al peso del cemento.

Gonzales (2020) uso arcilla como material cementicio suplementario también en 2 porcentajes de 5% y 10% y respecto a sus resultados del concreto experimental con el 10% de sustitución del cemento por arcilla obtuvo una resistencia más baja del patrón a diferencia que nuestra investigación. Las condiciones de calcinación de la muestra y el tipo de arcilla caolinita, de baja plasticidad vienen a ser las características que condicionan sus resultados de la resistencia

Vásquez (2019) también consiguió valores por encima del concreto patrón con los dos porcentajes, el mejor resultado fue de una resistencia a compresión de 240.24 Kg/cm^2 de concreto cuando se sustituyó con 7% por arcilla, siendo nuestro mejor resultado una resistencia a compresión de 224.95 Kg/cm^2 cuando se sustituyó con 1% por arcilla se infiere que los porcentajes menores a 10 podrían arrojar valores mayores de resistencia, como se verifica con el 7% estudiado por Vásquez.

Las diferencias en las resistencias a la compresión de los especímenes del concreto patrón frente a los especímenes del concreto experimental con 20% de sustitución, significa que la sustitución del 20% del cemento por arcilla, determinan que este concreto experimental no debe usarse en la construcción de elementos de concreto alguno.

V. Conclusiones

Según el análisis térmico diferencial cambia de estado a los 750 °C según su curva, y activan térmicamente sus componentes químicos, óxidos con características de puzolanidad que son los componentes del cemento, como se puede observar en la evaluación.

De los análisis de espectrometría de fluorescencia de Rayos X realizados a la combinación de la investigación de mezcla del cemento tipo I y a la arcilla de Anta – Carhuaz, registran los componentes químicos con un carácter de **puzolanidad** ya que contiene Óxido de Calcio (Ca) 58.54%, Óxido de silicio(S) 30.16%; los que suman 88.58% que supera el 70% que indica la norma ASTM C-618 para considerar al material como cementante.

La arcilla de Anta se puede considerar material cementicio suplementario cuando se considera el 10% respecto al peso de cemento.

El PH de la mezcla del cemento tipo I con sustitución del 10 por arcilla obtenido es 10.4, no cumpliendo por poco margen al rango de 11 – 12 establecido para los concretos.

Las resistencias obtenidas en los ensayos a la compresión arrojaron los siguientes resultados, para el diseño patrón a la edad de 7 días se obtuvo un promedio de 75.0% de la resistencia equivalente a 158.37 kg/cm², a los 14 días se obtiene una resistencia promedio de 95.0 % equivalente a 193.73 kg/cm² y a los 28 días se obtiene una resistencia promedio de 103.0 % equivalente a 214.16 kg/cm², en cuanto al concreto experimental con 10% de arcilla de Anta, a los 7 días se obtiene una resistencia promedio de 80.0 % equivalente a 168.98 kg/cm², a los 14 días se obtiene una resistencia promedio de 99.0 % equivalente a 208.96 kg/cm² y a los 28 días se obtiene una resistencia promedio de 107.9 % equivalente a 224.95 kg/cm²., estos resultados nos indican el aumentando de la resistencia experimental en 4.1 % cuando se compara con el concreto patrón y de 7.1% cuando se compara con la resistencia de diseño de mezcla.

VI. Recomendaciones

Continuar estudiando la arcilla de Anta, y sus procesos de calcinación a menores porcentajes y a diferentes temperaturas de calcinación y tamaños de grano más pequeños a los reportados en este trabajo,

Es posible acompañar otros materiales con presencia de óxido de calcio en su composición y a la muestra realizarle un nuevo análisis de espectrometría de fluorescencia de Rayos X para comprobar la composición química que resulto de nuestro trabajo de investigación.

En las investigaciones que se hagan con menores porcentajes de sustitución determinar los parámetros de PH del material solo y la mezcla (cemento + ceniza de hoja de espino) y compararlo con los resultados obtenidos en esta investigación.

En próximos estudios evaluar el comportamiento a mayores tiempos de curado como de 45, 60 o 90 días y comprobar si continua la ganancia de resistencia a largo del tiempo.

VII. Agradecimiento

A Dios por cuidar y proteger durante todo el camino, por dar fuerzas, salud, sabiduría y entendimiento para alcanzar el logro.

A nuestras familias, amigos y conocidos quienes de manera constante fueron una motivación que permitió perseverar con nuestra responsabilidad como estudiante de nivel superior.

A mi asesor Ing. Segundo Urrutia Vargas, importante pilar en el desarrollo del presente trabajo de investigación compartiendo de forma idónea sus conocimientos y experiencias.

Alberico Cesar Quito Rodríguez

VIII. Bibliografía

- Abanto, F. (2001). Tecnología del Concreto. Perú: Editorial San Marcos.
- Bustillo, M. (2001). Rocas industriales, tipología, aplicaciones en la construcción. Madrid, España, recuperado de <https://www.casadellibro.com/libro-rocas-industriales3a-tipologia-aplicaciones-en-la-construccion-y-empresas-del-sector/9788492312832/795459>.
- Chinen, K. (2002). Factibilidad y estudio de las propiedades del concreto de baja resistencia adicionado con cal. Tesis para obtener título profesional de ingeniería civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú, recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4323>.
- Corría, L. (2018). Los beneficios de la arcilla. Cuba, recuperado de <https://www.ecured.cu/Arcilla>.
- López. E. (2010). Diseño de mezclas. Lima, Perú: Imprenta Williams E.I.R.L.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P.J. (2014). Concrete: Microstructure, properties and materials. New York. Mc Graw-Hill Education.
- Muñoz López, Karen Lorena (2020). Metodología para la evaluación del potencial de producción de cementos tipo LC3 en el contexto colombiano. Aproximación teórica” Universidad Militar Nueva de Granada. Colombia. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36833>
- Neville, A. (2011). Properties of concrete, 5th ed. Harlow, Sussex: Pearson.

- Pozo, E. (2016). Resistencia a la compresión del concreto usando cal como aditivo en Huaraz – 2014. Tesis para obtener título profesional de ingeniería civil. Universidad San Pedro, Huaraz – Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/368>.
- Rivera.G. (2013). Tecnología del concreto. Lima, Perú: Omega editores, recuperado de https://www.academia.edu/18236246/Tecnologia_Concreto_y_Mortero_Rivera.
- RIVVA, Enrique. 2013. Diseño de Mezcla. Imprenta Williams E.I.R.L. Perú
- Sánchez, D. (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero. Bhandar Editores. Colombia. Recuperado: <https://books.google.com.pe/books?id=EWq-QPJhsRAC&lpg=PP1&hl=es&pg=PA27#v=onepage&q&f=false>
- Tobón. J y Gómez. R (2008). Desempeño del cemento pórtland adicionado con calizas de diferentes grados de pureza. Colombia: Imprenta Revista Dyna.
- Vásquez, J. (2016). Resistencia en concreto con cemento sustituido en un 5% y 7% por arcilla de Carhuaz - Ancash. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad San Pedro, Chimbote – Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/368>.
- Zúñiga, J. (2017). Resistencia a la compresión de un concreto sustituido el cemento en 5% por arcilla en el distrito de Macate (tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil). Universidad San Pedro. Chimbote – Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/368>.

IX. Anexos

Anexo 1

Panel Fotografico

PROCESO DE RECOLECCION DE ARCILLA

FECHA QUE SE REALIZO : 18 noviembre 2022
UBICACIÓN GEOGRÁFICA : LATITUD: -9.361555°
LONGITUD: -77.601734°



Figura 14: Zona de extracción de materia prima, distrito de Anta

Figura 15: cantera de extracción de arcilla, distrito de Anta



Figura 16: extracción de arcilla en cantera de Anta



Figura 17: extracción de arcilla en cantera de Anta

IMÁGENES DE USO DE LA MATERIA PRIMA:
PRINCIPALMENTE EL USO DE LA MATERIA PRIMA EN LA LOCALIDAD ES PARA LA REALIZACION DE ADOBE.

Figura 18: uso de arcilla en unidades de albañilería:
adobes

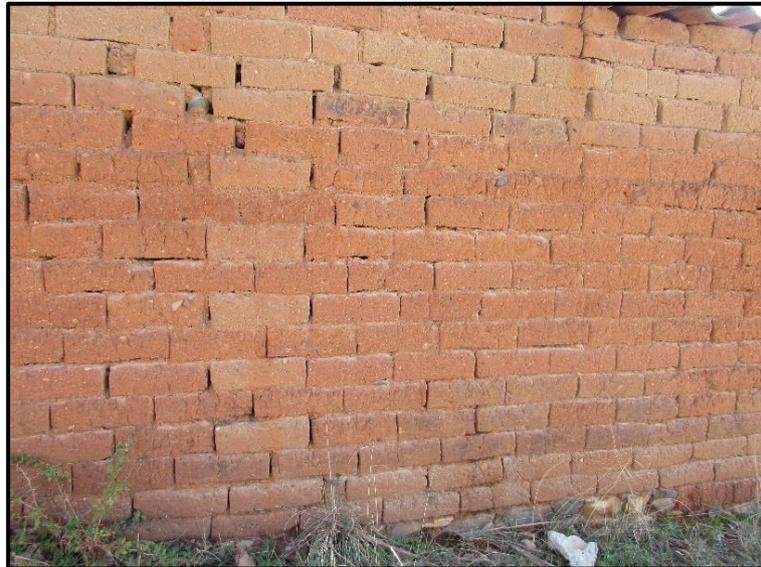


Figura 19: uso de arcilla en adobes en de viviendas en distrito de Anta

Figura 20: uso de arcilla en adobes en de viviendas en distrito de Anta



Figura 21: vivienda con adobes de Anta

Figura 22: vivienda que uso en sus muros tapias de arcilla de Anta



Anexo 2

Ensayos de laboratorio



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 12/01/2023

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.66
- Peso unitario suelto 1526 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1780 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1421 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1578 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 0.64 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 193 / 0.684 = 282.164 kg/m³ = 6.64 bolsas / m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	282.164	kg/m ³
Agua efectiva.....	198.339	lts/m ³
Agregado fino.....	851.436	kg/m ³
Agregado grueso.....	1094.897	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{851.436}{282.16} : \frac{1094.90}{282.16}$$

1 : 3.02 : 3.88 : 29.87 lts / bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.95 : 4.07 : 29.87 lts / bolsa

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Ci



DISEÑO DE MEZCLA
(10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 12/01/2023

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.66
- Peso unitario suelto 1526 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1780 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1421 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1578 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 0.64 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño maximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.082
10% Arcilla.....	(m ³)	0.009
Agua efectiva.....	(m ³)	0.193
Agregado fino.....	(m ³)	0.319
Agregado grueso.....	(m ³)	0.383
Aire.....	(m ³)	0.015
		1.001 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	253.95 kg/m ³
10% Arcilla.....	28.216 kg/m ³
Agua efectiva.....	193.00 lts/m ³
Agregado fino.....	847.72 kg/m ³
Agregado grueso.....	1088.68 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	253.95 kg/m ³
10% Arcilla.....	28.216 kg/m ³
Agua efectiva.....	199.87 lts/m ³
Agregado fino.....	851.44 kg/m ³
Agregado grueso.....	1094.90 kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

<u>253.95</u>	<u>28.216</u>	<u>851.44</u>	<u>1094.90</u>
253.95	253.95	253.95	253.95

1 : 0.11 : 3.35 : 4.31 : 31.31 lts / bolsa

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA
(20% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 12/01/2023

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.66
- Peso unitario suelto 1526 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1780 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1421 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1578 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 0.64 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.072
20% Arcilla.....	(m ³)	0.018
Agua efectiva.....	(m ³)	0.193
Agregado fino.....	(m ³)	0.319
Agregado grueso.....	(m ³)	0.383
Aire.....	(m ³)	0.015
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	225.73 kg/m ³
20% Arcilla.....	56.433 kg/m ³
Agua efectiva.....	193.00 lts/m ³
Agregado fino.....	847.72 kg/m ³
Agregado grueso.....	1088.68 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	225.73 kg/m ³
20% Arcilla.....	56.433 kg/m ³
Agua efectiva.....	199.87 lts/m ³
Agregado fino.....	851.44 kg/m ³
Agregado grueso.....	1094.90 kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{225.73}{225.73} : \frac{56.433}{225.73} : \frac{851.44}{225.73} : \frac{1094.90}{225.73}$$

$$1 : 0.25 : 3.77 : 4.85 \quad 31.31 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería r



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 12/01/2023

F'c : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	F'c Kg/Cm2	FC/F'c (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	21/11/2022	28/11/2022	7	158.88	75.66
02	PATRON	-	21/11/2022	28/11/2022	7	160.92	76.63
03	PATRON	-	21/11/2022	28/11/2022	7	152.56	72.65
04	PATRON	-	21/11/2022	05/12/2022	14	199.82	95.15
05	PATRON	-	21/11/2022	05/12/2022	14	197.31	93.96
06	PATRON	-	21/11/2022	05/12/2022	14	202.86	96.60
07	PATRON	-	21/11/2022	19/12/2022	28	215.04	102.40
08	PATRON	-	21/11/2022	19/12/2022	28	216.96	103.32
09	PATRON	-	21/11/2022	19/12/2022	28	215.38	102.56

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C= 210 KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 12/01/2023

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/F' C (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	30/11/2022	7	170.40	81.14
02	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	30/11/2022	7	168.03	80.01
03	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	30/11/2022	7	168.53	80.25
04	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	07/12/2022	14	207.04	98.59
05	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	07/12/2022	14	209.91	99.96
06	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	07/12/2022	14	207.82	98.96
07	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	21/12/2022	28	223.94	106.64
08	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	21/12/2022	28	227.33	108.25
09	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	21/12/2022	28	223.58	106.47

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 20%

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C= 210 KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 12/01/2023

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F' C (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	30/11/2022	7	96.05	45.74
02	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	30/11/2022	7	100.96	48.08
03	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	30/11/2022	7	100.12	47.68
04	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	07/12/2022	14	112.60	53.62
05	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	07/12/2022	14	115.62	55.06
06	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	07/12/2022	14	114.60	54.57
07	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	21/12/2022	28	142.35	67.78
08	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	21/12/2022	28	135.32	64.44
09	EXPERIMENTAL	-	23/11/2022	21/12/2022	28	133.80	63.72

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Salar Jara
DIRECTOR
Especialista Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 12/01/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	898.3	901.4
TARA + SUELO SECO (gr)	895.2	898.4
PESO DEL AGUA (gr)	3.1	3.0
PESO DE LA TARA (gr)	201.4	201.4
PESO DEL SUELO SECO (gr)	693.8	697
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.45	0.43
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.44	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210$ KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 12/01/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1109.9	1026.2
TARA + SUELO SECO (gr)	1103.9	1020.1
PESO DEL AGUA (gr)	6	6.1
PESO DE LA TARA (gr)	0	0
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1103.9	1020.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.54	0.60
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.57	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



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

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 12/01/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	669.00	669.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm ³	969.00	969.00
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	857.20	857.20
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm ³	111.80	111.80
F	Peso de material seco en estufa	gr.	297.10	297.10
G	Volumen de masa (E-(A-F))		108.90	108.90
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.657	2.657
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.683	2.683
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.728	2.728
K	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$		0.98	0.98

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.657
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.683
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.728
Absorción (%) : 0.98

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

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

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 12/01/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1444.50	1390.90
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	939.90	905.40
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	504.60	485.50
D	Peso de material seco en estufa	1435.40	1381.90
E	Volumen de masa (C-(A-D))	495.50	476.50
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.845	2.846
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.863	2.865
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.897	2.900
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.63	0.65

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.845
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.864
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.898
Absorción (%) : 0.64

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 12/01/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18320	18550	18540
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	13220	13450	13440
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1413	1438	1437
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1429		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1421		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19940	19990	19900
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	14840	14890	14800
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1586	1592	1582
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1587		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1578		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUJAZ - 2022
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 12/01/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7640	7620	7640
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de muestra	4280	4260	4280
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1535	1528	1535
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1533		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1526		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8360	8350	8320
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de muestra	5000	4990	4960
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1793	1790	1779
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1787		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1780		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



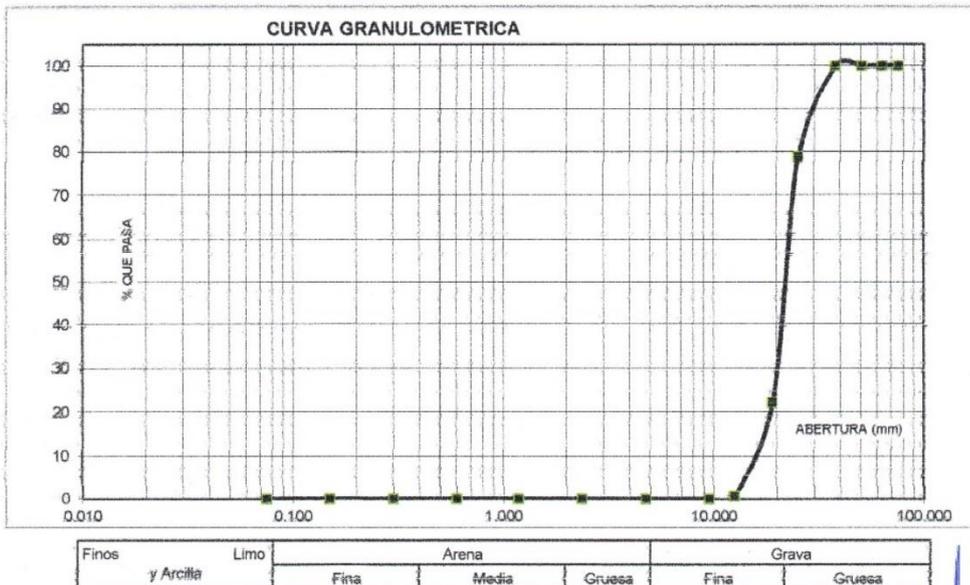
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
 TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 CON
 SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 12/01/2023

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	245.2	21.2	21.2	78.8
3/4"	19.100	654.1	56.6	77.8	22.2
1/2"	12.500	249.2	21.6	99.4	0.6
3/8"	9.520	7.0	0.6	100.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		1155.5	100.0		

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

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



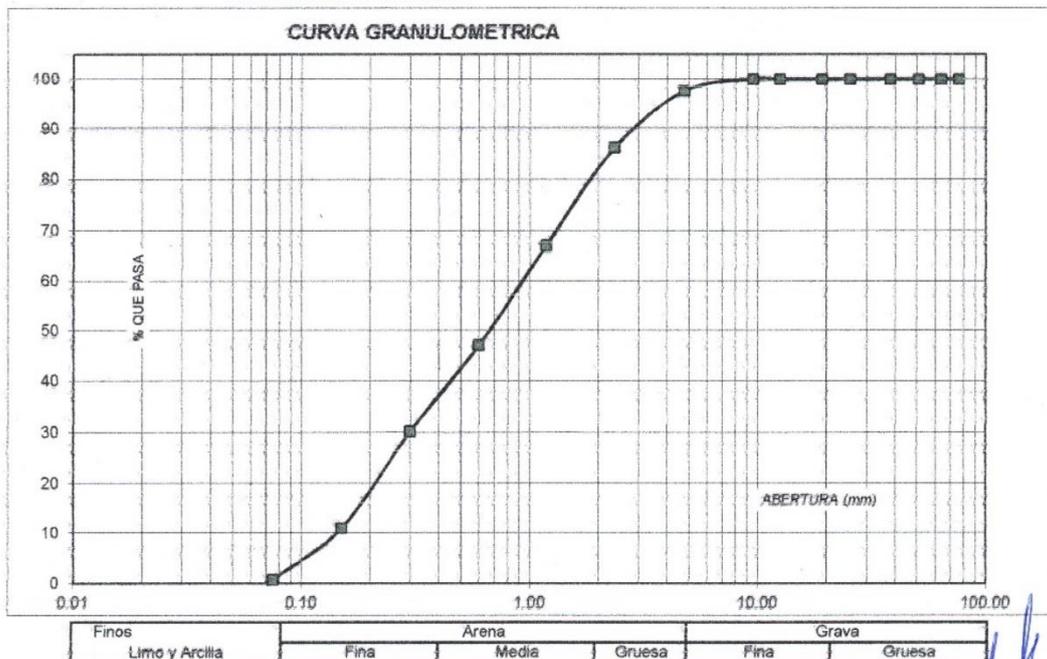
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO CESAR
 TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 CON
 SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 12/01/2023

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
Nº 3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.76	24.2	2.3	2.3	97.7
Nº 8	2.36	118.9	11.4	13.6	86.2
Nº 16	1.18	198.4	19.1	32.8	67.2
Nº 30	0.60	207.7	20.0	52.8	47.2
Nº 50	0.30	175.7	16.9	69.7	30.3
Nº 100	0.15	199.6	19.2	88.9	11.1
Nº 200	0.08	107.8	10.4	99.3	0.7
PLATO ASTM C-117-04		7.5	0.7	100.0	0.0
TOTAL		1039.8	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.60

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

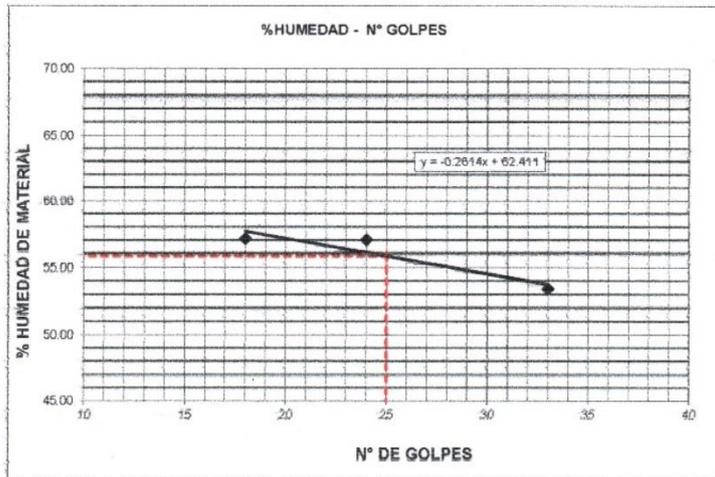
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : QUITO RODRIGUEZ ALBERICO-CEGAR
 TESIS : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C= 210 KG/CM2 CON
 SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR 10% Y 20% CON ARCILLA DE ANTA, CARHUAZ - 2022
 MUESTRA : ARCILLA
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
 FECHA : 12/01/2023

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	31.90	38.25	37.20	21.80	21.90	26.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	27.20	32.20	30.40	21.03	21.08	25.90
PESO DE LA TARA (gr.)	18.40	21.60	18.50	18.40	18.30	22.80
PESO DEL AGUA (gr.)	4.70	6.05	6.80	0.77	0.82	0.90
PESO SUELO SECO (gr.)	8.80	10.60	11.90	2.63	2.78	3.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	53.41	57.08	57.14	29.28	29.51	29.03
Nro. DE GOLPES	33	24	18	29.27		



LIMITE LIQUIDO (MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 55.88

LIMITE PLASTICO (MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 29.27

INDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-438	
IP :	% 26.60

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil