

NOMBRE DEL TRABAJO

TURNITIN_DIAZ ROMAN IRINA_IEEE.pdf

AUTOR

IRINA DIAZ

RECUENTO DE PALABRAS

17182 Words

RECUENTO DE CARACTERES

85801 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

74 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 1, 2023 5:40 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 1, 2023 5:41 PM GMT-5**● 20% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 18% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

La caña de azúcar es uno de los cultivos más abundantes del mundo, es labrada en más de 110 países, con una producción global mayor a los 1500 millones de toneladas [1]. Solo en India, se obtienen anualmente más de 300 millones de toneladas de caña de azúcar, lo cual es causante de alrededor 10 millones de toneladas de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como elemento residual no utilizable [2], esta cantidad simboliza aproximadamente el 45% de escoria del bagazo de caña de azúcar en todo el planeta, originando una alarma ambiental en el país [3].

Sumado a ello se conoce que posterior a la extracción de la azúcar manufacturada de la caña, cerca del 40-45 % de los residuos fibrosos se adquieren para la misma fábrica a manera de carburante para la caldera a modo generación térmica, produciendo aproximadamente entre un 8-10 % de pavesas como residuos, conocidas como CBCA [1].

La base de un sistema agroindustrial exitoso en varias regiones tropicales y subtropicales del mundo es la caña de azúcar. Esta industria está evolucionando hacia la diversificación de su cartera de productos, siendo Brasil, el mayor productor mundial [4]; registrando 620.41 millones de toneladas de caña de azúcar en una superficie cultivada de 8589.2 mil hectáreas en el periodo de 2018/2019, de cual se estima que se obtiene de 10 a 20 toneladas por hectárea por año de residuos de cosecha verde [5].

Por otra parte, el concreto es la base para la construcción, por lo que se espera que la demanda llegue a ser cada vez mayor, debido al aumento de la población, en un país como Brasil surge la preocupación que actualmente no existe una alternativa para el concreto como material de construcción [6], es donde los productos de residuos agroindustriales pueden entrar a tallar como un futuro recurso.

Alrededor de 50 mil millones de toneladas de arena y grava de río son extraídos cada año, y principalmente tienen como fin ser usados en la producción de concreto [7]. Debido a la amplificación del consumo de los recursos naturales de cantera generados por el acelerado

incremento de la demografía, el desarrollo de la urbanización y el estilo de vida, traen consigo la escasez de la materia prima [8], esta problemática ha llamado la atención de los investigadores que han propuesto el uso de cenizas agrícolas residuales para contrarrestar la creciente demanda de agregados para la producción de concreto [9].

En México, el 50% de los ingenios azucareros utilizan la CBCA como combustible, mientras otras industrias azucareras no le otorgan un destino adecuado, ni una gestión de eliminación óptima, originando como consecuencia la aglomeración de dichas cenizas [10].

La preocupación ambiental, pérdida de durabilidad y la falta de sustitutos en los componentes de algunos materiales de construcción provocan una alarma en el ámbito de obras civiles; el uso de CBCA y cenizas volantes sin tratar poseen ciertas cantidades de sílice que se adhieren adecuadamente en mezclas de concreto; sin embargo, existen algunos inconvenientes para activar dichos componentes puesto que no todos los empleos o usos son adecuados ya que demanda de demasiada energía [11].

El proceso para la producción de cemento ha originado preocupación a nivel mundial debido a la emisión de CO₂ que conlleva, este elemento se considera como un contaminante dañino para el entorno y a la salud; conforme a investigaciones las plantas de cemento son responsables aproximadamente del 8%⁴⁹ del total de emisiones de CO₂ a nivel mundial [12]. La demanda de nuevas estructuras, innovaciones en la construcción y la elaboración de dichas obras, crean simultáneamente el problema de la contaminación, los parámetros de conciencia ambiental desempeñan una función importante hoy en día puesto que gracias a esto impulsa a realizar investigaciones donde exista la conservación de los medios naturales existentes y un progreso óptimo y amigable sobre el hormigón para su uso en obras de construcción [13].

Se estima que, por la necesidad de un material como cemento, la contaminación llega a aumentar cada año puesto que de esta brota un componente tóxico para el ambiente, por lo tanto, según previas indagaciones se llega a conceptualizar⁸³ que por cada tonelada de cemento producido se expulsa una tonelada de dióxido de carbono, siendo el principal químico que acelera el efecto invernadero [14].

En Colombia, los molinos azucareros después de procesar la caña de azúcar obtienen un subproducto que es el bagazo de caña, este pasa a los hornos industriales convirtiéndolos en ceniza, el cual se considera un desperdicio y causa un problema a la hora de su eliminación, donde el 70% de estos son desechados en vertederos [15]. Como resultado de dicha combustión el bagazo de la caña de azúcar crea nuevos residuos, que se convierten en escorias, este material por los grandes volúmenes producidos tiende a no ser eliminado de manera óptima, generando un problema ambiental puesto que es un contaminante, se ha tratado de implementarlo como un material de construcción para lograr su gestión de eliminación y evitar la huella ambiental que se generada [16].

En Australia, se genera un enfoque sobre el uso a CBCA gracias al sílice que contiene sus partículas, lo cual amerita un llamado a la investigación debido a los limitados usos que se le otorgan a este material, desaprovechando la utilización de dicho componente ya que en la actualidad el método más práctico de eliminación es desecharlos en un vertedero o emplearlos como estabilizadores de suelos en campos de cultivos, lo cual según previas investigaciones se dice no generan ninguna ayuda por el contrario solo fomentan la contaminación [17].

El empleo de materiales de construcción en la actualidad está teniendo gran apogeo, generando la utilización de fuentes cotidianas que producen una huella ambiental negativa, para fabricar dichos materiales destinados a la construcción, se utilizan recursos energéticos en grandes volúmenes, provocando el aumento de las emisiones creadas en el proceso de fabricación, sumado a ello trae consigo el incremento de la explotación minera y de canteras [18].

Se sabe que los proyectos de construcción son causantes del origen de la inoculación hacia el ambiente, es por ello que este sector no escapa de la problemática con respecto a la huella ambiental desfavorable existente, investigaciones afirman que, en La Libertad y Lambayeque, así como sectores de Piura existe este tipo de contaminación, causada por la quema del bagazo de caña [19].

Con respecto al área de construcción la utilización del concreto es primordial debido

a que puede moldearse con facilidad y es empleado en diversos tipos de estructuras; hoy en día se busca innovar un elemento que pueda sustituir o reemplazar parcialmente algunos de los materiales utilizados en su producción, puesto que según investigaciones el problema existente con el cemento Portland es que esté en su proceso de combustión libera Dióxido de Carbono el cual es emitido a la atmósfera y es un gran causante de la contaminación ambiental [20].

A nivel local se obtuvo limitada información en investigaciones sobre la ceniza de la caña de azúcar, lo cual genera preocupación ya que la problemática del efecto invernadero y contaminación es un problema actual y vigente provocada por las emisiones de contaminantes en la elaboración de materiales de construcción, por ende, motiva a los demás investigadores realizar y fomentar futuras investigaciones sobre este material como reemplazante parcial del agregado fino.

De igual manera surge la coyuntura en el rubro de la construcción ya que este está teniendo mayor apego con el pasar de los años, el cemento, el agregado fino y el agregado grueso son materiales indispensables para este ámbito, para ello la preocupación causante es que estos traen consigo la necesidad de explotación de materia primas al igual que originan la emisión de gases que causan el aceleramiento del efecto invernadero como el CO₂ en el caso del cemento [21].

Existen 3 distritos de la provincia de Chiclayo identificados como los principales productores de sacarosa, siendo estos Pomalca, Pucalá, y Tután, su producción a nivel nacional es aproximadamente de 10 a 800 mil toneladas anuales, generando de forma paralela la contaminación en la región de Lambayeque [22].

Diversos autores realizaron los siguientes estudios:

Dayo et al. [23] en su investigación "Use of Sugarcane Bagasse Ash as a Fine Aggregate in Cement Concrete", tuvo por objetivo utilizar CBCA como suplente fragmentario del agregado fino en el concreto para lograr reducir su precio, en porcentajes del 0%, 10%, 20%, 30% y 40%, de igual manera su enfoque evoco en examinar las propiedades físicas y mecánicas; empleando una mezcla de concreto base de proporciones cemento: agregado

grueso: agregado fino de 1: 2: 4, con relación agua cemento (A/C) de 0.5; llegando a concluir que al emplear este material ayuda significativamente a la disminución del asentamiento del concreto fresco acorde el incremento del CBCA, además de ello la resistencia de compresión incrementó hasta un 7.9% respecto a los 21 MPa obtenido en el concreto patrón, tomando como porcentaje óptimo el 10% de CBCA como reemplazo del agregado fino; de igual manera el aumento máximo para la propiedad de resistencia a la tracción dividida se consiguió con 10% CBCA.

Dayo et al. [24] en su estudio "Effect of Sugarcane Bagasse Ash as Fine Aggregates on the Flexural Strength of Concrete", tuvo por objeto reconocer determinadas alternativas como agregados de alta calidad en el concreto, puesto que en términos de costo e impacto ambiental estas posibles soluciones podrían ser beneficiosas, ello se afirmaría con la evaluación de la resistencia de flexión del concreto en especímenes de 500x100x100mm que contienen CBCA como reemplazo del material granular fino; concluyendo que el CBCA consigue un aumento de la resistencia de flexión en un 14.41% a un nivel de reemplazo de 10%, este aumento respecto a la resistencia flexiva del concreto sin CBCA.

Sneha & Senthamarai [25], en su estudio "Strength and Permeation Property of Concrete Made With Sugarcane Bagasse Ash and Granite Waste as Fine Aggregate Replacement", tuvo por finalidad manifestar la capacidad de la CBCA y las escorias de granito como suplente fragmentario de la arena de río en la preparación de concreto, llegando a manifestar resultados positivos con dichos materiales, aspectos de la resistencia de compresión, tracción dividida, flexión y módulo de elasticidad, comparándolo con lo obtenido por el concreto convencional quedo demostrado un aumento de estas propiedades para todas las mezclas sin importar el contenido de cemento, generando un efecto pragmático y económico.

Díaz [26] en su investigación "Estudio de hormigón hidráulico utilizando la ceniza de bagazo de la caña de azúcar, como sustitutivo del agregado fino", presento como finalidad estimar la influencia porcentual que posee el concreto hidráulico con un nuevo componente, el cual es la CBCA, estudiado en porcentajes del 5% al 10%; evaluando la resistencia de

compresión en edades de 4, 7, 14 y 28 días; teniendo como resultados concluyentes nada favorables, es decir la resistencia compresiva de las muestras de concreto con CBCA resultó inferior a la presentada por el concreto convencional, presentando reducciones de hasta el 50% respecto al concreto convencional.

Ramakrishnan et al. [27] en su investigación denominada "Mechanical and durability properties of concrete with partial replacement of fine aggregate by sugarcane bagasse ash (SCBA)" tuvo como objetivo principal utilizar residuos industriales y agrícolas como la CBCA en el concreto como suplencia parcial del material granular fino, reduciendo a su vez los efectos nocivos en el medio ambiente de estos residuos. El bagazo de caña de azúcar usado fue calcinado a 600 °C para obtener mayor contenido de sílice, este material reemplazó el agregado fino en porcentajes de 0, 5, 10, 15 y 20%; evaluándose propiedades de resistencia y durabilidad. Los autores encontraron que el porcentaje óptimo de CBCA fue de 15%, obteniendo una resistencia compresiva de 51.62 MPa y resistencia de tracción de 6.74 MPa a 28 días.

Hasnain et al. [28] en su estudio "Eco-friendly utilization of rice husk ash and bagasse ash blend as partial sand replacement in self-compacting concrete" presentaron como objetivo investigar el impacto de suplencia de arena por una combinación de CBCA y cáscara de arroz en las diferentes propiedades del concreto autocompactante. Según los resultados conseguidos, los autores afirman que la fluidez del concreto se ve reducida por la naturaleza porosa de las cenizas. En cuanto a propiedades físico mecánicas, se encontró que con la incorporación de 20% de las cenizas produce un concreto estructural liviano con valor de resistencia mecánica de 20 MPa y una densidad endurecida de 1816 kg/m³.

Neto et al. [29] en su investigación "Effects of adding sugarcane bagasse ash on the properties and durability of concrete" tuvo como propósito evaluar los efectos de adicionar CBCA en 5, 10 y 15% (correlación al peso del cemento) sobre las características físico-mecánicas y durabilidad del concreto. La ceniza del bagazo fue calcinada a una temperatura de 600 °C, delimitando los componentes químicos de las cenizas. Consecuente a ello se afirma una elevación de la densidad del concreto, mientras que los valores de resistencia

compresiva presentan mejoras de 31.7, 11.6 y 20.8% con las adiciones de 5, 10 y 15% de CBCA respectivamente, en comparación a los 30.62 MPa del diseño sin CBCA.

Zareei et al. [30] en su investigación ¹ "Microstructure, strength, and durability of eco-friendly concretes containing sugarcane bagasse ash" tuvo como fin el uso de CBCA sustituyéndolo parcialmente en el cemento, tratando de minorizar impactos ambientales de dicho desecho. Se usaron dosis de 5, 10, 15, 20 y 25% CBCA para tres tipos de concreto: normal ligero y autocompactante. En el estudio ³⁷ se evaluaron propiedades mecánicas como la resistencia de compresión y a tracción, como también la trabajabilidad de la mezcla fresca. Los investigadores concluyen lo siguiente: El uso de CBCA tuvo mayor influencia en el desempeño del concreto liviano más que en los otros tipos, para un contenido de 5% de CBCA se obtuvo resultados más favorables en cuestión a sus propiedades mecánicas de compresión y tracción en los concretos convencionales y ligeros.

²² Chávez Bazán [31] en su tesis "Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico"; tuvo por objetivo establecer en cuánto influye CBCA en la prueba mecánica de resistencia compresiva de concreto. La CBCA se empleó como sustituto ¹ parcial del agregado fino en porcentajes del 1%, 3% y 5% del volumen total del dicho material mencionado con anterioridad. La investigación de tipo aplicada se llevó a cabo mediante prueba de compresión axial del concreto a tiempos de 7, 14 y 28 días, teniendo como resultados a 28 días que las dosis de 1, 3 y 5% consiguieron aumentos de resistencia de 4.54, 21.88 y 11.93% respectivamente, en comparación ⁷⁶ a la resistencia del concreto patrón; llegando a concluir que el empleo de CBCA genera ¹³⁸ resultados positivos al reemplazo del 3.14% del volumen del agregado fino, porcentaje encontrado de la curva gráfica resistencia a compresión vs dosificación.

Araujo Bautista [32], ⁵ en su proyecto "Resistencia a la compresión del concreto, adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar, en reemplazo del agregado fino"; tuvo por objeto establecer la resistencia a compresión incorporando CBCA a modo de suplencia ² del agregado fino en porcentajes del 10%, 15% y 20%; teniendo como ⁵⁴ resultados de las pruebas

experimentales, con la adición de 10% de CBCA como sustituto del agregado fino llegó a alcanzar una resistencia cúspide de 294.74 kg/cm² al período de 28 días, consiguiendo una intensificación del 7.10% con respecto al concreto patrón (229.22 kg/cm²), en cambio para las dosificaciones de 15 y 20% de CBCA comenzó a presentar un decrecimiento en los valores de resistencia, hasta una reducción de 13.54% respecto al concreto patrón; concluyendo que la dosis de 10% de CBCA es la idónea obtenida de la investigación.

Huayllapuma Huerta & Saldivar Astete [33] en su investigación denominada "Adición de las cenizas de bagazo de caña de azúcar en el comportamiento mecánico del concreto f'c: 210 kg/cm² en Abancay 2020" tuvieron como propósito analizar comparativamente las propiedades mecánicas de compresión, tracción y flexión de un concreto de f'c: 210 kg/cm², empleando CBCA en porcentajes de reemplazo de 6, 8 y 10% respecto al peso del cemento. Para la presente indagación emplearon el método ACI 211 en cuestión a los diseños de mezcla. Respecto a los resultados se obtuvieron incrementos de 12.39, 16.61 y 11.71% de la resistencia compresiva del concreto patrón, con los porcentajes de 6, 8 y 10% de CBCA. Concluyendo que el porcentaje óptimo es de 8% CBCA al obtener el mayor incremento en relación a las propiedades mecánicas del concreto.

Mariano Corne [34] en su tesis "Comparación de las resistencias a compresión y flexión del concreto adicionado con las cenizas de bagazo de caña de azúcar con el concreto normal f'c = 210 kg/cm²", tuvo como finalidad examinar y comparar las pruebas mecánicas de compresión y flexión de un concreto convencional de f'c 210 kg/cm² mediante sustitución de CBCA por el peso del cemento. Para el estudio se hicieron uso de dos tipos de cenizas, la primera del fundo Cachigaga y la segunda del fundo Pacán, de las cuales la primera presentó mejor actividad puzolánica determinada por el ensayo de composición química, sin embargo, mediante pruebas de resistencia de testigos cúbicos, la segunda obtuvo mejores resultados y fue seleccionada. Estas cenizas se utilizaron en niveles de reemplazo de 5, 10 y 15% por el peso del cemento. De los resultados obtenidos, el investigador concluye que en ningún nivel reemplazo se logró obtener una resistencia compresiva superior a la conseguida por el patrón, presentando una reducción progresiva al incrementar CBCA, de manera similar

sucede para los ensayos de resistencia a flexión. Concluyendo así que el porcentaje mejores resultados es de 5% de CBCA.

Realizando una indagación previa y ardua sobre el presente tema de investigación en nuestra región se obtuvo como resultado una escasa información y aplicación sobre la ceniza de saccharum officinarum como reemplazante parcial del agregado fino, sin embargo, lo que se pudo recopilar fueron estudios donde se ha empleado este mismo material, pero como sustituto o adición respecto al contenido del cemento.

Vásquez Vidaurre [35] en su tesis "Evaluación de las propiedades del concreto con puzolana obtenido del bagazo de caña de azúcar, Cayaltí, Lambayeque. 2018"; tuvo por finalidad la evaluación del empleo de la puzolana obtenida del bagazo de caña de azúcar, su investigación empleó tres diseños de resistencias: 175, 210 y 280 kg/cm², a los cuales se adiciono la ceniza en proporciones del 5, 10 y 15% correspondiente al peso del cemento. Se deduce que el óptimo porcentaje de adición es 5% CBCA, el cuál es el que obtuvo aumentos de resistencia compresiva para todos los diseños de concreto patrón, de hasta un 20% a la edad de 28 días respecto al concreto convencional. Además, de manera similar para las pruebas de resistencia a la flexión, la adición de 5% de CBCA provoca un aumento de los valores módulo de rotura. En todos los diseños de concreto las adiciones de 10 y 15% no lograban superar los valores de las pruebas de resistencia de los diseños patrones.

Sembrera Murga [36] en su tesis titulada "Evaluación de propiedades físicas y mecánicas del concreto con sustitución de cenizas de bagazo de caña" presentó a modo de objetivo general estimar las propiedades físicas y mecánicas del concreto con sustitución del cemento portland por CBCA dándole un aprovechamiento a este residuo agroindustrial. Se elaboraron dos diseños patrón de f'c 210 y 280 kg/cm², mientras que CBCA fue empleado en dosis de 5, 10 y 15% como reemplazo del cemento, y con un total de 72 muestras cilíndricas de concreto se realizó las pruebas de compresión a 7, 14 y 28 días. Del producto obtenido, en cuanto a las propiedades físicas como peso unitario y asentamiento de las mezclas de concreto, no se encontró diferencias significativas en los resultados al incluir CBCA. En cuanto a resistencia compresiva, con 5% CBCA se consiguieron los mayores incrementos,

tales como 224.44 kg/cm² y 325.51 kg/cm² para los diseños ³⁴ γ_c: 210 y 280 kg/cm² respectivamente. Concluyendo que el porcentaje óptimo de reemplazo del cemento portland es con el 5% de dicho residuo.

La investigación se justifica ambientalmente, debido que busca emplear una alternativa para ¹ el diseño de mezclas de concreto, tratando de prevenir, controlar y reducir el impacto ambiental negativo que se origina con la fabricación ²⁴ de materiales necesarios para el ámbito de la construcción, para ello la reutilización de un residuo como las cenizas de bagazo de saccharum officinarum permitirá gestionar de manera óptima un desperdicio e influenciar un nuevo componente reductor hacia la utilización de los agregado finos, ya que esto a su vez genera la explotación de minerales. La investigación se justifica teóricamente, puesto que significa un aporte científico a la comunidad de ingenieros civiles, proporcionando una dosificación de referencia de CBCA para ser usado a modo de reemplazo del agregado fino, dejando ⁴⁶ como base para futuras investigaciones relacionadas a la temática tocada ¹⁴⁵ en la investigación. Se justifica económicamente puesto que la ceniza de bagazo de saccharum officinarum representa una disyuntiva hacia la obtención de mezclas de concreto, y tiene como fin reducir el importe de fabricación ⁵¹ del concreto sustituyendo parcialmente el agregado fino, puesto que la CBCA es un restante agroindustrial, representa un costo minorizado.

³¹ 1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la ceniza de bagazo de Saccharum Officinarum ¹⁰⁷ influye en el diseño de mezclas de concreto como reemplazante parcial del agregado fino?.

1.3. Hipótesis

² La incorporación de ceniza de bagazo de saccharum officinarum al 1%, 3%, 5% y 7% ⁴² del peso parcial del agregado fino logra incrementar la resistencia del ⁵ diseño de mezclas de concreto.

1.4. Objetivos

Elaborar un diseño de mezcla de concreto incorporando cenizas de bagazo de saccharum officinarum como reemplazante parcial del agregado fino para un $f'c=210$ y 280 kg/cm².

Objetivo general

Precisa la finalidad del proyecto en relación a la definición del problema y lo orienta.

Objetivos específicos

- Plasmar las características geotécnicas de los agregados pétreos a utilizar en la elaboración del diseño de mezcla de concreto.
- Seleccionar la temperatura de quemado de las cenizas de bagazo de saccharum officinarum y determinar sus propiedades físicas.
- Incorporar las cenizas de bagazo de saccharum officinarum al 1%, 3%, 5% y 7% como reemplazante parcial del agregado fino respectivamente según la mezcla patrón.
- Analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto patrón con el concreto incorporando cenizas de bagazo de saccharum officinarum al 1%, 3%, 5% y 7%.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Concreto

El hormigón viene a ser la combinación de cualquier tipo de cemento hidráulico o cemento Portland, agregados finos y grueso, agua, con o sin aditivos, en una determinada proporción, obteniendo de esta un rendimiento predeterminado y apto en resistencia [37].

Resistencia del Concreto

La resistencia es el sumo trabajo que puede tolerar el hormigón sin quebrarse o colapsar, esta resistencia se emplea como índice de calidad para el concreto [38].

Propiedades del Concreto

Al abarcar sobre las propiedades del concreto debemos tener en cuenta el análisis sobre las variables que un concreto puede sufrir, ya que como cualquier otro material este puede modificarse o alterarse en un tiempo determinado o claudicar por fallas [39].

Dentro de las propiedades del concreto se encuentra sus dos estados, el estado no endurecido y endurecido:

- El estado plástico que incluye consistencia, segregación, trabajabilidad, exudación, contenido de aire, exudación, periodo de fraguado, peso unitario y segregación.
- El estado endurecido incluye las resistencias, durabilidad, módulo de elasticidad.

94 En Estado Fresco.

Trabajabilidad.

Se define como trabajabilidad a la capacidad que determinada mezcla de hormigón para ser operado, acarreado y vertido con la menor cantidad de labor y máxima cantidad de similitud [39].

Consistencia.

Propiedad del hormigón donde este se torna a deformarse o adaptarse a un determinado molde o forma, al igual que conservar en suspensión todas las partículas que lo componen, para ello se puede aplicar la prueba del Slump. [40]

Segregación.

Se llega a definir como la separación mecánica del hormigón fresco, cuando el agregado grueso tiende a desprenderse del mortero. Las diferencias de densidad entre las partes que componen al concreto harán que las partes más pesadas se hundan, pero en general, la densidad del engrudo con el agregado fino es solo un 20% menos que la densidad del agregado grueso y su viscosidad [41].

Se considera entendible esta definición si se toma en cuenta que el concreto es la combinación de materiales con diversos tamaños, por lo que se generan fuerzas dentro del hormigón que separan los materiales, cuando dicha confluencia aún no ha endurecido [39].

Exudación.

Es el escalamiento de cierta proporción del agua del engrudo hacia el exterior, se origina debido a la sedimentación de la parte sólida, este proceso comienza después de que el hormigón es vertido y afianzado en el encofrado y persiste hasta solidificar la mezcla, logrando la máxima consolidación o unión de sus partículas [39].

Tiempo de fraguado.

El fraguado está conformado en 02 partes, conocidas como un inicio y un final de fragua, cuando la mezcla del cemento llega a la fragua desenlazando, este comienza una nueva etapa donde aumenta su rigidez, y a esta resistencia se llama “endurecimiento”. El porcentaje de agua mezclada con cemento es muy importante para el tiempo de fraguado. La cabida de agua de cada cemento se diagnostica mediante una prueba de consistencia convencional.

Es importante que, el fraguado del cemento no sea ni excesivamente rápido ni lento, puesto que si este se origina velozmente el tiempo sería insuficiente para transportarlo y distribuir el hormigón antes que este se haya endurecido, mientras que en el segundo caso este retrasaría el trabajo y uso de la estructura [39].

1 Contenido de aire.

El exceso de aire en el cemento reduce la resistencia del hormigón preparado con este material. La prueba de contenido de aire puede reflejar indirectamente la finura y el grado de molienda del cemento, la prueba de contenido de aire puede reflejar indirectamente la finura y el grado de molienda del cemento, dicha prueba tiene que ser realizada con las consideraciones de la NTP 339.046 – ASTM C 185. La norma ASTM C150 señala que el 12% es el contenido aceptable para todos los cementos. [42]

En Estado Endurecido.

Resistencia.

Esta depende primordialmente a la aglomeración del engrudo que posea el cemento, derivándose de la relación A/C.

Influyendo de igual manera las propiedades de resistencia del engrudo, temperatura, tiempo y propiedades de resistencia del cemento, considerando la calidad de los agregados [43].

Resistencia a compresión.

Se encuentra especificada para el concreto como “f’c”, siendo este el valor de esfuerzo el cual mide la ruptura de las probetas de concreto con ayuda de una máquina de compresión, este ensayo debe ser controlado bajo las definiciones que establece la ASTM correspondiente.

Se aplica principalmente para diagnosticar que la amalgama de concreto satisfaga con los requisitos requeridos, y así con ello obtener la resistencia adecuada en el diseño mezcla [44].

Resistencia a flexión.

Esta se logra al considerar una medición indirecta de la resistencia a tracción, siendo su módulo de ruptura variable entre el 10 al 20 % de la resistencia compresiva, dependiendo del modelo, tamaño y volumen del agregado grueso empleado [44].

Resistencia a tracción.

Esta es muy baja, por ende, no se considera en el diseño de estructuras convencionales; sin embargo, debido a la contracción limitada causada por el secado o la reducción de la temperatura, la tensión es importante en el agrietamiento del hormigón.

Módulo de elasticidad.

Estrictamente hablando el hormigón es un material inelástico, puesto que presenta un comportamiento lineal, pero, se llega a definir por medio de una línea tangente en la parte inaugural del gráfico o una recta secante que enlaza el comienzo del gráfico con un determinado extremo, los parámetros a considerar se encuentran en la normativa ASTM C-469 [37].

Curado del concreto.

El curado consiste en mantener un temple y un contenido de humedad exitoso, porque posee un gran predominio en las propiedades del hormigón endurecido, es decir, un curado

idóneo genera superior resistencia, impermeabilidad, durabilidad y equilibrio dimensional. El hormigón debe protegerse del congelamiento, de temperatura anormalmente alta y al tiempo para eludir la disminución¹¹¹ de humedad depende: el tipo de material cementoso, la proporción de la amalgama, la resistencia solicitada, el tamaño y la forma del componente de cemento, al igual que el clima y las diferentes condiciones de exposición futuras [62].

Componentes del Concreto

Cemento.

Definiciones.

Es el material en polvo formado por la añadidura de agua, pudiéndose solidificar tanto en agua como en aire. No incluye cal hidráulica, cal gas y yeso. Hay muchos tipos de cemento en Perú, definidos por la normativa⁷³ NTP 334.009, NTP 334.090 y NTP 334.082, esta última norma trae los requisitos de rendimiento del cemento Portland para fines específicos y generales sin ninguna restricción en la composición del cemento, esta norma tiene como base la ASTM C1157 [45].

Características o Propiedades Físicas y Mecánicas.

Las especificaciones del cemento imponen restricciones sobre su estructura química y propiedades físicas; comprendiendo la importancia de dichas propiedades al momento de interpretar la evidencia dado por los ensayos al cemento [62].

Finura o fineza.

El tamaño de sus se denominan "finura"; el cemento Portland está compuesto de partículas angulares individuales, que se producen pulverizando Clinker en un trituradora para producir partículas de varios tamaños, de las cuales aproximadamente el 95% de las moléculas de cemento son menores de 45 micrones y el tamaño de partícula promedio es de 15 micrones [62].

Peso Específico.

La gravedad específica de un elemento cementante se determina ¹¹³ como el peso del cemento por unidad de volumen de partículas, excluyendo el aire entre dichas fracciones, la mezcla específica se expresa en mg/m³ o gramos o centímetros cúbicos. Esto no establece la condición del cemento, ya que su propósito primordial es calcular la proporción de la mezcla [62].

Periodo de fraguado.

Es el estado donde la mezcla de cemento acelera las reacciones químicas, comenzando la plasticidad y endurecimiento; en esta etapa se puede demostrar que el calor de hidratación es provocado por el proceso exotérmico, siendo este conocido como el fraguado inicial. El fraguado final se adquiere al término del periodo de solidificación inaugural y se caracteriza por una dureza significativa y una deformación permanente. El propósito de la prueba del tiempo de fraguado es diagnosticar y definir el periodo desde la añadidura de agua hasta que el engrudo deja de ser líquida y plástica, al igual que el tiempo necesario ¹⁰ para obtener la pasta [46].

Resistencia a compresión.

Debido a muchas variables en ¹³² las propiedades y condiciones de los agregados, la resistencia del cemento no puede usarse para predecir la resistencia del concreto con alta precisión, esta se determina mediante la ruptura de probetas [62].

Contenido de aire.

Determina la capacidad de aire mediante el método de presión (Masías, 2018).

Calor de hidratación.

Ocasionada por ⁵⁹ la respuesta entre cemento y agua, dependiendo principalmente de la combinación química del material cementante. [47]

Generalidades de los Agregados para el Concreto.

Los materiales particulados oriundos o adulterados, como la ⁶⁰ piedra triturada, grava, arena y escoria de hierro de alto horno, se utilizan como medios para constituir cemento o mortero hidráulico, definiéndolo de esta manera al concreto como una aglomeración de componentes de origen oriundo o adulterada. [48].

Agregado Fino.

Los agregados de la desintegración oriunda o adulterada pueden atravesar un filtro de ¹³⁵ 9,5 mm (3/8") [49].

Agregado Grueso.

Permanece en el filtro de 4.75 mm, y su origen es mediante la desarticulación oriunda o mecánica de la roca [49].

⁹¹ **Propiedades Físicas de los agregados.**

Granulometría de Manera General.

Es el reparto del tamaño de partícula que forma el agregado, expresado como un porcentaje en peso de cada tamaño en relación con el peso total. Mediante el uso de un tamiz con cierta apertura cuadrada para separar el material mediante procedimientos mecánicos ASTM C 136 [49].

Determina el límite ²⁷ de tamaño de partícula, debe incluir agregado fino y grueso adecuándose para la preparación del concreto (norma ASTM – C33 - NTP 400.037).

Tabla I

Tamices normalizados

Agregados	Tamiz normalizado
⁷ GRUESO	9.50 mm (3/8)
	12.5 mm (1/2)
	19.0 mm (3/4)
	25.0 mm (1)
	37.5 mm (1 1/2)
	50.0 mm (2)
	75.0 mm (2 1/2)
	⁴⁰ 100.0 mm (3)

	75.0 mm (3 1/2)
	100.0 mm (4)
FINO	150 μm (N°100)
	300 μm (N°50)
	600 μm (N°30)
	1.18 mm (N°16)
	2.36 mm (N°16)
	4.75 mm (N°16)

Nota: Adaptado de NTP 400.011. [48].

Granulometría del Agregado fino.

Es un agregado producido por descomposición oriunda o adulterada, que puede atravesar el tamiz estándar de 9.5 mm (3/8") y permanecer en un tamiz estándar de 75 micrones (No. 200). Debe satisfacer las restricciones especificadas en la [49].

Tabla II

Requerimiento de granulometría para el agregado fino

Tamiz	Porcentaje Que Pasa
9.50 mm (3/8)	100
4.75 mm (n °4)	95 a 100
2.36 mm (n °8)	80 a 100
1.18 mm (n °16)	50 a 85
600 μm (n °30)	25 a 60
300 μm (N°50)	5 a 30
150 μm (N°100)	0 a 10
75 μm (N°200)	0 a 3.0 (A,B)

Nota: Adaptado de NTP 400.037. [50].

Granulometría del Agregado grueso.

Agregado obstruido en el tamiz de 4.75 mm debido a la desunión oriunda o mecánica de la roca, obedece las restricciones especificadas de la [49].

Módulo de finura

Es la dimensión media ponderada de las moléculas del material pétreo, además de ello se emplea para examinar la homogeneidad de los agregados.

Considerada como la adición de los porcentajes de retención aglomerados de 1 ½", ¾", 3/8", N ° 4, N ° 8, N ° 16, N ° 30 y N ° 50 en el tamiz. 100 dividido por 100 [49].

Fórmula 1

Módulo de fineza del agregado de grueso

$$M.f. = \frac{\sum \% \text{ Acum. Ret. } 1 \frac{1}{2}, 3/4, 3/8, N^{\circ}04, N^{\circ}08, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100}{100}$$

163 *Peso unitario*

Se define como un método estándar para evaluarlo, después de que las partículas se comprimen en el molde metálico, las partículas se baten 25 veces con una varilla de 5/8 de pulgada y se dividen en 3 partes, siendo este el valor utilizado en algunos procedimientos para diseñar la mezcla para evaluar la relación y convertir de dosis en peso a dosis en volumen. [51]

112 *Peso específico y absorción*

Esto se da al fraccionar el peso de las moléculas por el volumen de las mismas sin estimar los huecos entre ellas, una normativa referencial es ASTM C127 y C128, las cuales determinan el proceso parametrizado para determinarlas mediante ensayos de laboratorio.

La absorción se debe al aumento en la masa de agregados causado por el agua que ingresa en los orificios de las moléculas dentro del tiempo especificado. [46].

Contenido de humedad

Este debe entenderse como el contenido del material en su estado oriundo, ya que influye en el vínculo A/C del planteamiento de la mezcla, lo que afecta la resistencia y diversas propiedades del concreto [52].

Condiciones de humedad a considerar:

- Secado al horno: totalmente absorbido.
- Aire seco: las partículas están secas en la superficie, pero húmedas por dentro, por lo que son absorbentes.
- La superficie está seca y saturada: no incrementa, ni impregna agua a la mezcla
- Mojado o húmedo: en caso haya humedecimiento en la superficie.

Fórmula 2

Contenido de Humedad

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}) \times 100}{\text{Peso Seco}}$$

32 **Tamaño máximo**

Compete a la malla más reducida por donde pasará todo el agregado grueso, esto quiere decir que la dimensión de las moléculas más grandes del agregado. Los agregados más pequeños ayudan a producir un concreto más fuerte porque la diferencia en el módulo elástico entre la pasta y el agregado da como resultado una baja concentración de tensión alrededor de las partículas. [50]

Tamaño máximo nominal

Compete a la malla más reducida de la serie a emplear, y la primera tasa de residuo producido por el tamiz [50].

Agua para el concreto.

Conceptos generales.

Este fluido es utilizado en la fabricación y curado del hormigón debe ser preferentemente agua potable, habrá casos donde se podrá emplear agua que no sea potable siempre y cuando estas estén aptas, limpias y libres de sustancias u organismos dañinos que afecten a la mezcla de concreto, acero u otros elementos estructurales. Teniendo que cumplir con norma técnica peruana 339.088, donde especifica tablas, requisitos, y criterios esenciales [53].

Calidad del Agua.

Esta debe estar en óptimas condiciones porque requiere aumento de agua durante el proceso [53].

Caña de Azúcar

Puzolana Natural.

El material hoy en día más empleado son los materiales procesados, sometidos a temperaturas elevadas en hornos, para posteriormente pasar por una molienda, hasta que se convierta en un polvo fino [62]. El saccharum officinarum es la gramínea tropical el cual posee un líquido abundante de sacarosa [31].

Procedimiento para la producción de CBCA.

La CBCA es un producto derivado industrial producido en los molinos azucareros luego de la extracción del azúcar de la caña de azúcar, se obtiene un desecho fibroso de gran tamaño llamado bagazo. La quema de bagazo a una temperatura específica deja una gran cantidad de ceniza conocida como CBCA [54]. También se afirma que este desecho es resultante de la combustión del bagazo en calderas de plantas de etanol de azúcar [55]. El proceso de extracción de CBCA se muestra en la Fig. 1.

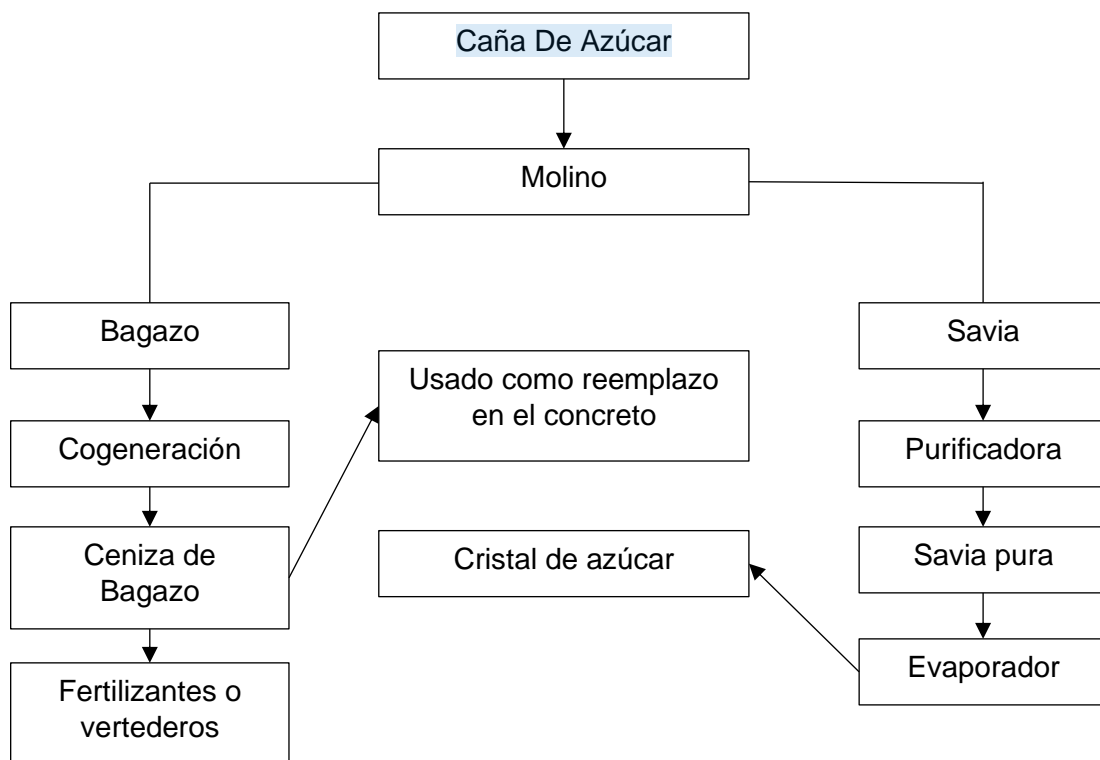


Fig. 1. Extracción de CBCA de la caña de azúcar.

Nota. Adaptado de Khalil et al. [54].

75 Ceniza de bagazo de la caña de azúcar (CBCA).

La CBCA, desecho de la caña después de pasar por su proceso de fabricación, convirtiéndolo en uno de los materiales más importantes con respecto al progreso mercantil en América y Europa continental. Siendo el azúcar un producto consumido a nivel mundial, ya que es una de las fuentes primordiales de calor en la dieta de los países, conduciendo de esta manera a la generación de residuos [22]. El bagazo se compone aproximadamente de 50% celulosa, 25% hemicelulosas y 25% lignina. Cada tonelada de caña de azúcar rinde alrededor del 26% bagazo con un contenido de humedad de 50% y 0,62% de ceniza residual [30]. La materia fibrosa sobrante de la trituración y separación del jugo de caña de azúcar se denomina bagazo, la quema a temperatura controlada genera la ceniza de bagazo de *Saccharum Officinarum* [56].

Composición de la puzolana de bagazo de *sacchurum officinarum*.

Es fundamental conocer las propiedades químicas del CBCA para asegurarse cómo funciona en el concreto. La composición química es expresada en la siguiente tabla, mostrando los porcentajes de cada componente [54].

Tabla III

8 Composición química de las cenizas de bagazo de caña

Componente	Masa (%)
SiO ₂	55.1 – 78.3
Al ₂ O ₃	1.1 – 29.2
Fe ₂ O ₃	0.2 – 12.3
CaO	1.0 – 12.6
K ₂ O	2.0 – 8.3
MgO	0.6 – 6.4
SO ₃	0.1 – 4.3

Nota: Adaptado Khalil et al. [54].

1. II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de investigación

Según indagaciones previas, presenta un enfoque cuantitativo, ya que esta requiere la medición y estimación de magnitudes de los eventos o problemáticas de la exploración, presentando un compuesto de técnicas secuenciales y probatorios [57]; además se dice que la investigación es de tipo aplicada, puesto que tiene como fin la búsqueda de nuevos conocimientos y soluciones a los problemas de la investigación, siendo estos conocimiento capaces de ser utilizados como novedosos productos, metodologías o procedimientos [58].

51 *Diseño de investigación*

Presenta un diseño de investigación experimental, puesto que somete a un cierto individuo o material a ciertas condiciones, tratamiento o métodos, para poder observar las reacciones que estos generan [59].

De esta manera en el presente estudio se realizan diversos ensayos, tanto a las mezclas de concreto patrón, como a las experimentales (1%, 3%, 5% y 7% de CBCA) en reemplazo del agregado fino, para posteriormente comparándolas. [60].

El esquema del diseño experimental de la investigación se muestra a continuación:

$$X \rightarrow Y$$

$$M_0 \rightsquigarrow Px_0 \rightsquigarrow Ox_0$$

$$M_1 \rightsquigarrow Px_1 \rightsquigarrow Ox_1$$

$$M_2 \rightsquigarrow Px_2 \rightsquigarrow Ox_2$$

$$M_3 \rightsquigarrow Px_3 \rightsquigarrow Ox_3$$

$$M_4 \rightsquigarrow Px_4 \rightsquigarrow Ox_4$$

Dónde: M_{0-4} : Muestras de prueba

Px_0 : Prueba experimental, 0% de CBCA

Px_1 : Prueba experimental, 1% de CBCA

Px_2 : Prueba experimental, 3% de CBCA

Px_3 : Prueba experimental, 5% de CBCA

Px_4 : Prueba experimental, 7% de CBCA

Ox_{0-4} : Observación de resultados de la incorporación de CBCA

34 2.2. Variables, Operacionalización

Variable independiente

Ceniza de bagazo de *Saccharum Officinarum* o ¹ Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

Variable dependiente

Propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Operacionalización

¹²⁹ En las tablas IV y V se muestran la operacionalización de variables independiente y dependiente respectivamente.

Tabla IV

Operacionalización de la variable independiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Ceniza de bagazo de Saccharum Officinarum	La materia fibrosa que queda después de la trituración y extracción del jugo de caña de azúcar se denomina bagazo, y su quema a temperatura controlada genera la ceniza de bagazo de Saccharum Officinarum [56]	La ceniza de bagazo de Saccharum Officinarum es difícil de desechar debido a la naturaleza ecológicamente peligrosa de la ceniza y la escasez de vertederos en el reciente auge de la población [61]	Temperaturas para el quemado	550	Observación Análisis documental Formatos y fichas de recolección de datos Documentos normativos Ensayos de laboratorio	°C	Numérica	Razón
				600				
				650				
			Porcentaje representativo	700				
				1.0				
				3.0				
			Propiedades físicas	5.0				
7.0								
Granulometría								
Óptima temperatura de quemado	Peso Unitario suelto y compactado	Compresión de muestras cúbicas	Kg/cm ²					
	Peso específico							

Tabla V

Operacionalización de la ³variable dependiente.

Variable de estudio	Definición conceptual	¹ Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Propiedades físicas y mecánicas del concreto	Incluye a las ¹ propiedades del concreto en estados fresco tales como su trabajabilidad, temperatura, peso unitario y contenido de aire; así como también las ⁷² propiedades propias del concreto endurecido tales como resistencia a compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad [62]	Respecto a las propiedades físicas del concreto, permiten cerciorar la trabajabilidad y rendimiento de la mezcla de concreto; mientras que las propiedades mecánicas por medio de ensayos destructivos permiten obtener parámetros estructurales del concreto.	Características geotécnicas de los agregados pétreos	Granulometría	Observación Análisis documental Formatos y fichas de recolección de datos Documentos normativos Ensayos de laboratorio	Adimensional	Numérica	Razón
				Peso Unitario suelto y compactado		Kg/m ³		
				Contenido de humedad		%		
				Absorción		%		
				Peso específico		gr/cm ³		
			Temperatura	°C				
			Asentamiento	Plg				
			Contenido de aire	%				
			Peso unitario fresco	Kg/m ³				
			¹ Resistencia a la compresión	Kg/cm ²				
Resistencia a la tracción	MPa							
Resistencia a la flexión	Kg/cm ²							
Módulo de elasticidad	Kg/cm ²							

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población

El estudio está constituido por las mezclas de concreto, tanto los diseños patrón como los diseños experimentales que incorporan CBCA como reemplazo parcial del agregado fino.

Muestra

Las muestras estudiadas se distribuyen en dos tipos de concreto de $f'c$ 210 y 280 kg/cm^2 , donde se tienen testigos cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para las pruebas de resistencia a la compresión, tracción indirecta y módulo de elasticidad, y los testigos prismáticos o vigas de concreto de dimensiones de 15 x 15 x 45 cm. Los diseños de resistencia $f'c$ 210 kg/cm^2 se denominaron D1, mientras que para los diseños $f'c$ 280 kg/cm^2 se denominaron D2. Los diseños con las incorporaciones ceniza de bagazo de caña de azúcar se denominaron CBCA0, CBCA1, CBCA3, CBCA5 y CBCA7 para los porcentajes de 0, 1, 3, 5 y 7% respectivamente; colocando previamente D1 o D2 en la denominación según el diseño que corresponda. Se ensayaron un total de 270 muestras cilíndricas, y 90 de muestras prismáticas. El cálculo a detalle según las pruebas mecánicas al concreto, así como también los días de curado se detallan en las tablas VI y VII.

Tabla VI

Cantidad muestral de testigos cilíndricos

Ensayo	Diseño	Edades de rotura			Subtotal	Total por ensayo
		7	14	28		
Compresión axial	D1-CBCA0	3	3	3	9	90
	D1-CBCA1	3	3	3	9	
	D1-CBCA3	3	3	3	9	
	D1-CBCA5	3	3	3	9	
	D1-CBCA7	3	3	3	9	
	D2-CBCA0	3	3	3	9	
	D2-CBCA1	3	3	3	9	
	D2-CBCA3	3	3	3	9	
	D2-CBCA5	3	3	3	9	
	D2-CBCA7	3	3	3	9	
Tracción Indirecta	D1-CBCA0	3	3	3	9	90

	D1-CBCA1	3	3	3	9	
	D1-CBCA3	3	3	3	9	
	D1-CBCA5	3	3	3	9	
	D1-CBCA7	3	3	3	9	
	D2-CBCA0	3	3	3	9	
	D2-CBCA1	3	3	3	9	
	D2-CBCA3	3	3	3	9	
	D2-CBCA5	3	3	3	9	
	D2-CBCA7	3	3	3	9	
Módulo de elasticidad	D1-CBCA0	3	3	3	9	
	D1-CBCA1	3	3	3	9	
	D1-CBCA3	3	3	3	9	
	D1-CBCA5	3	3	3	9	
	D1-CBCA7	3	3	3	9	
	D2-CBCA0	3	3	3	9	90
	D2-CBCA1	3	3	3	9	
	D2-CBCA3	3	3	3	9	
	D2-CBCA5	3	3	3	9	
	D2-CBCA7	3	3	3	9	
	⁴ Total de testigos cilíndricos					270

Tabla VII

Cantidad muestral de testigos prismáticos

Ensayo	Diseño	Edades de rotura			Subtotal	Total por ensayo
		7	14	28		
Flexión	D1-CBCA0	3	3	3	9	
	D1-CBCA1	3	3	3	9	
	D1-CBCA3	3	3	3	9	45
	D1-CBCA5	3	3	3	9	
	D1-CBCA7	3	3	3	9	
	D2-CBCA0	3	3	3	9	
	D2-CBCA1	3	3	3	9	
	D2-CBCA3	3	3	3	9	45
	D2-CBCA5	3	3	3	9	
	D2-CBCA7	3	3	3	9	
	Total de testigos prismáticos					90

¹ Muestreo y criterios de selección

La unidad de comparación del estudio son los testigos cilíndricos como testigos prismáticos de concreto. El método de muestreo empleado es no probabilístico, debido a que el tamaño de la muestra se determina según criterio del investigador, es decir por la prudencia

de peritos, debido a que el tamaño de la muestra responde a la Norma E.060 (2020), donde en su apartado 5.1.6 establece que ¹⁶ un ensayo de resistencia se considera como el promedio de las resistencias de dos testigos de concreto hechos de la misma muestra de concreto y ensayados a una misma edad de curado; por lo cual en la investigación para asegurar un valor promedio que represente la resistencia real del concreto diseñado, se optó por el uso de tres testigos ¹⁵⁷ de concreto para cada diseño y edad de curado, esto se aplicó para cada ensayo realizado al concreto endurecido.

² 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

Observación.

La observación directa no participativa es la técnica utilizada en el estudio ¹²⁵ para la recolección de datos, ya que los resultados de las pruebas empleadas para el registro se obtienen a través de la observación, registrados en los formatos correspondientes.

Análisis documental.

Está consiste en la recopilación de información relevante para la investigación de fuentes tales como libros, tesis, artículos de revisión o científicos, normativas; con el fin de seleccionar la información que ayudará para el progreso ⁹⁸ de los objetivos.

Instrumentos de recolección de datos

A modo de instrumentos se emplearon formatos y fichas de cada ensayo de laboratorio desarrollado para la investigación, rigiéndose bajo las normativas vigentes tanto nacionales como la N.T.P y las normativas internacionales como son las ASTM.

¹ **Validez y Confiabilidad**

La validez y confiabilidad de los resultados se encuentran garantizados tanto por la calidad y certificación de los equipos del laboratorio de ensayos de materiales "LEMS W&C EIRL", además de que durante ¹⁰ la realización de ensayos siempre se siguió las recomendaciones y requerimientos de las normativas.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

El presente estudio al tratarse de un diseño experimental, empleo el método de análisis de datos; incluyendo elementos como gráficas de dispersión y tablas, creados a partir del software Microsoft Excel, y en base a la información recopilada en las fichas de observación y de recolección de datos.

Diagrama de flujo de procesos

A continuación, se plasma gráficamente los procesos y secuencia a seguir para lograr dar la solución de los objetivos mencionados anteriormente, todo esto se esquematiza en la fig. 2.

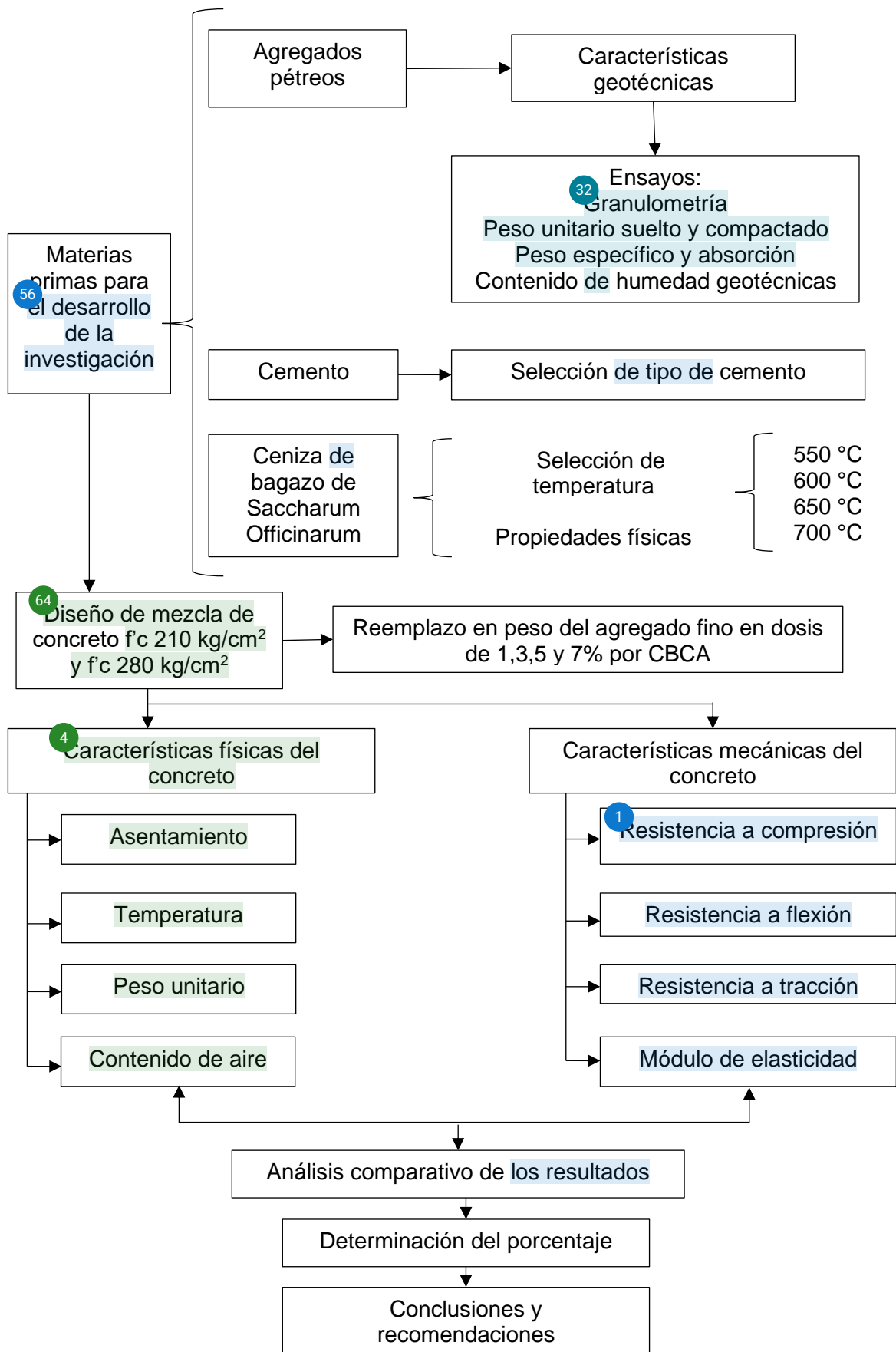


Fig. 2. ¹ Diagrama de flujo de procesos de la investigación.

2.6. Criterios éticos

Lo expuesto en la muestra investigada es veraz y cumple con las normas parametrizadas por la universidad, específicamente los principios generales y específicos establecidos en el Art 5 y Art. 6 del código de Ética en la investigación [63].

¹⁴² Los ensayos que se realizan en laboratorio cumplen las Normas Técnicas Peruanas respectivas.

Asimismo, las bibliográficas ya sean fuentes de Internet, libros, revistas académicas o tesis se encuentran citados conforme a la normativa exigida por la universidad.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Características geotécnicas de los agregados pétreos

Se hizo estudio de 04 canteras principales ubicadas en la región Lambayeque, con el fin de determinar cuáles de ellas presentan las mejores características que se ajustan a los requerimientos para la elaboración de mezclas de concreto.

Se plasman a continuación los resultados adquiridos en los ensayos aplicados a los agregados pétreos.

Granulometría.

Granulometría: agregados finos.

Las curvas granulométricas mostradas en las siguientes figuras son resultados del ensayo de análisis granulométrico seguido por la NTP 400.012 [49]; donde se grafica el porcentaje que pasa por el tamiz normativo versus el diámetro de la celda del tamiz.

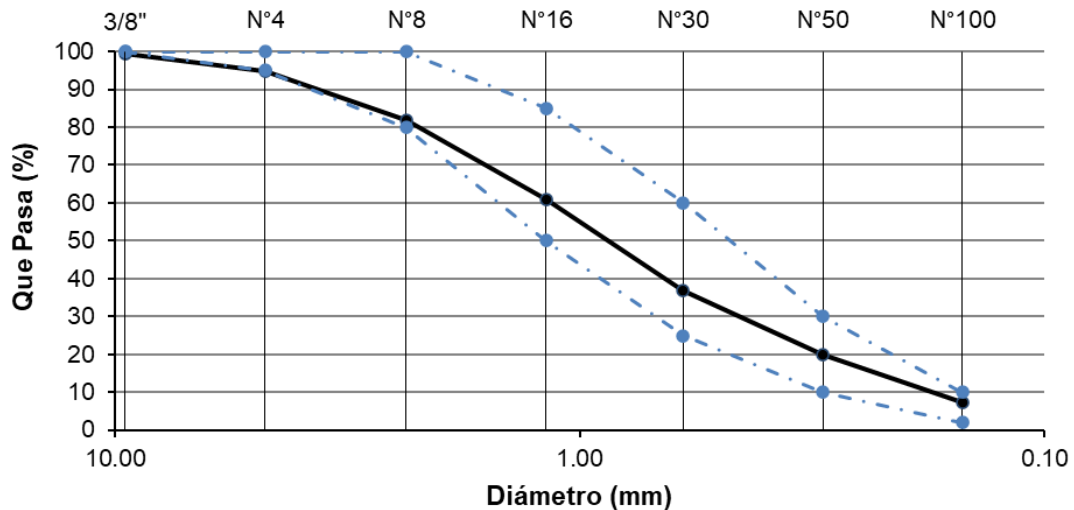


Fig. 3. Curva granulométrica del agregado fino Cantera La Victoria – Pátapo.

Nota. Tomado del informe de laboratorio LEMS W&C EIRL.

Fig. 3 que muestra la granulometría del material fino de la cantera "La Victoria", localizándose en el interior de los límites establecidos, con un módulo de fineza de 2.99.

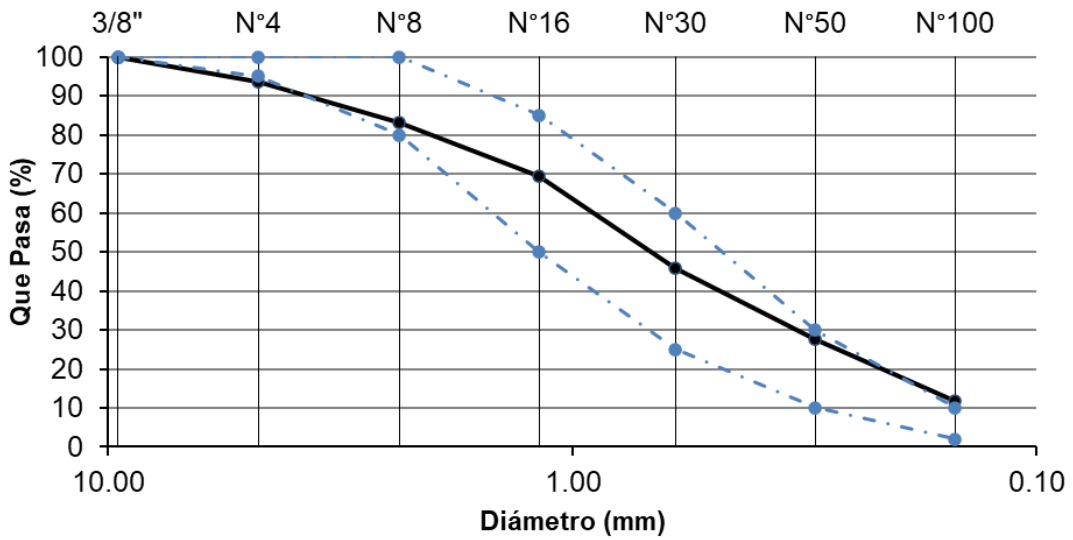


Fig. 4. Curva granulométrica del agregado fino Canteras Pacherres – Pucalá.

Nota. Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

Para la curva granulométrica del material fino de la cantera “Pacherres” se observa que también se ajusta a los límites normativos según lo mostrado en la fig. 4, a excepción del último tramo donde sobrepasa el límite superior en el tamiz N°100, teniendo un módulo de fineza de 2.68.

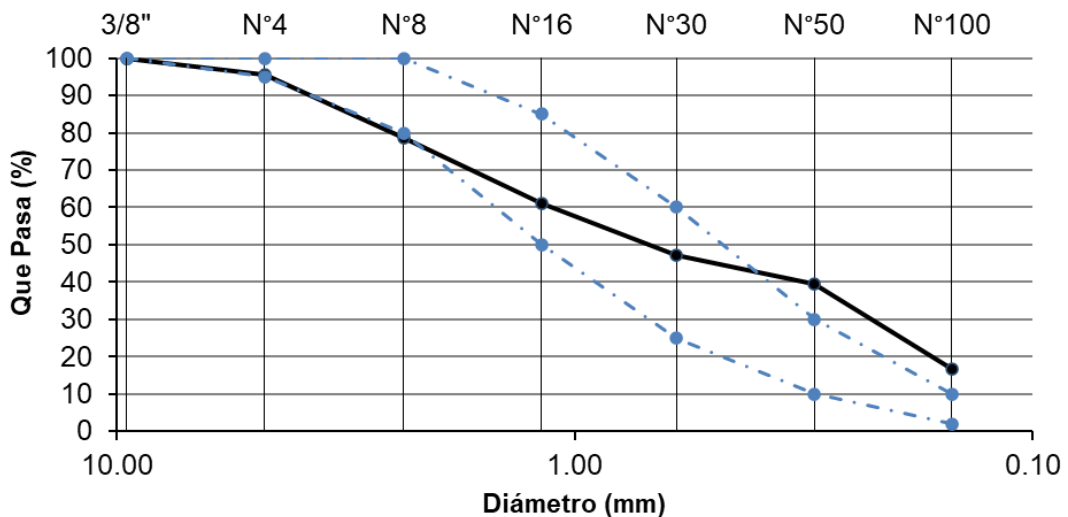


Fig. 5. Curva granulométrica del agregado fino Canteras Castro I – Zaña.

Nota. Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

18 La fig. 5 muestra la curva granulométrica obtenida de la cantera “Castro I”, donde se evidencia al inicio de la curva del tamiz 3/8 a N°8 que esta se aproxima demasiado al límite inferior y a partir del tamiz N°50 sale totalmente del límite normativo superior; para esta cantera el módulo de fineza es de 2.61.

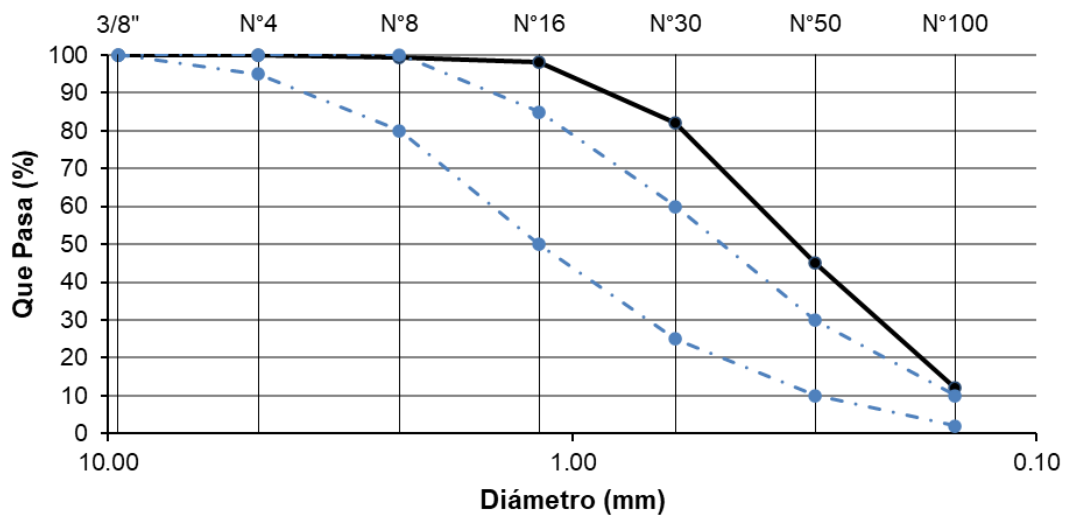


Fig. 6. Curva granulométrica del agregado fino Cantera Bomboncito – Ferreñafe.

Nota. Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

Respecto a la cantera “Bomboncitos”, se aprecia en la fig. 6 que 109 la curva granulométrica del agregado fino se observa totalmente fuera del límite superior normativo, teniendo un módulo de fineza de 1.63. La NTP 400.037, establece que el módulo de fineza del agregado fino debe permanecer en el rango de 2.3 < MF < 3.1, siendo solo la cantera “Bomboncitos” que tiene un módulo de fineza fuera de ese rango. 66

Interpretación:

En todos gráficos de las curvas granulométricas mostrados anteriormente se aprecian los límites (superior e inferior) que brinda 161 la NTP 400.037 [50].

Granulometría: agregado grueso.

De igual manera que para los agregados finos, se muestran a continuación las curvas granulométricas en las siguientes figuras, que se obtuvieron de acuerdo al análisis granulométrico según el ensayo descrito en la NTP 400.012 [49].

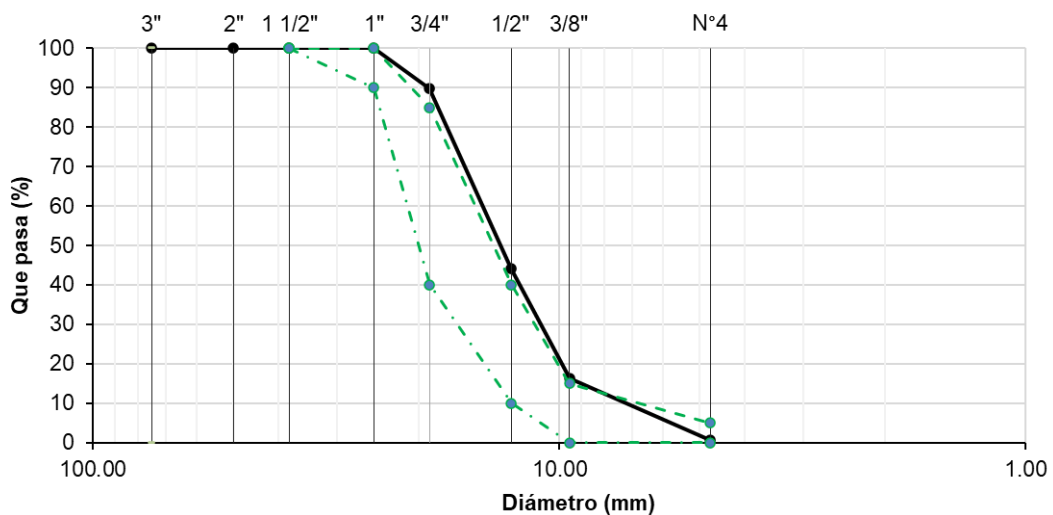


Fig. 7. Curva granulométrica del agregado grueso Cantera La Victoria – Pátapo.

Nota. Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

En la fig. 7, el material granular grueso se sitúa ligeramente fuera del límite superior de huso 56, presentando un tamaño máximo nominal (TMN) de 3/4".

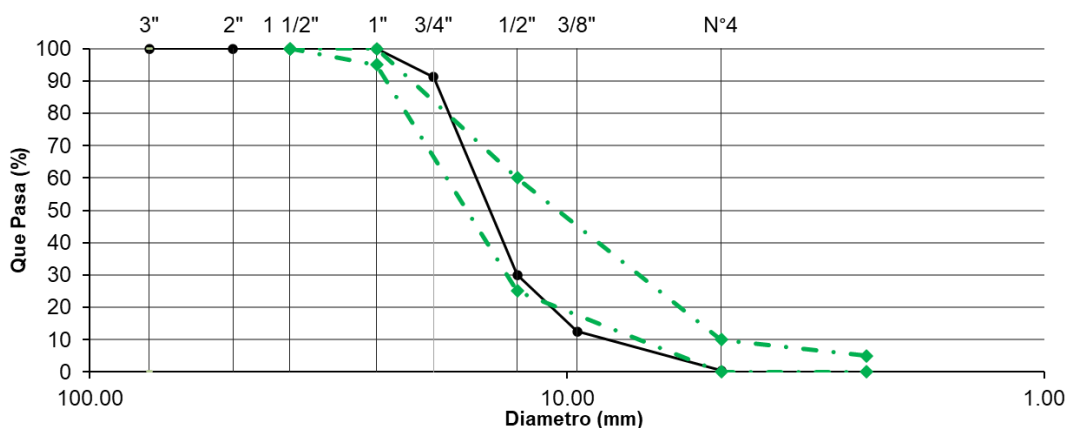


Fig. 8. Curva granulométrica del agregado grueso Cantera Pacherras – Pucalá.

Nota. Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

En cuanto al agregado grueso de la cantera "Pacherres" se contempla en la fig. 8 que la curva se ajusta casi en su totalidad al rango normativo del huso 57, teniendo un TMN de 3/4".

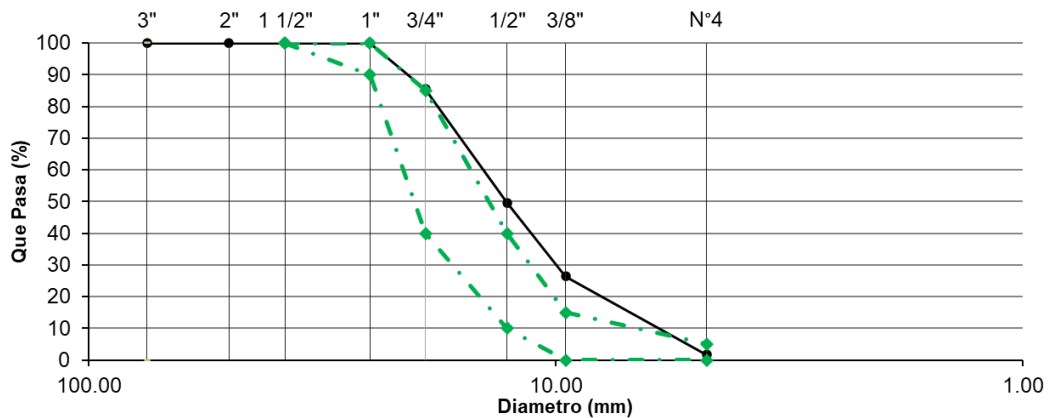


Fig. 9. Curva granulométrica del agregado grueso Castro I – Zaña.

Nota. Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

La fig. 9 muestra que el agregado grueso de la cantera "Castro I", según su curva granulométrica se encuentra fuera del huso 56 correspondiente para este material, que presenta un TMN de 3/4".

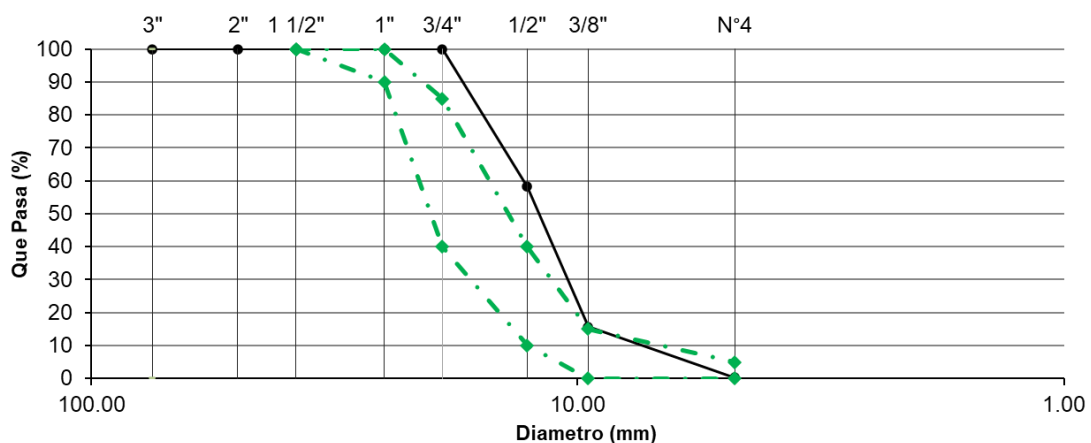


Fig. 10. Curva granulométrica del agregado grueso Bomboncitos – Ferreñafe.

Nota. Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

Para la cantera “Bomboncitos”, la curva granulométrica también se encuentra fuera del rango del huso 56 cómo se logra visualizar en la fig. 10, específicamente por encima del límite superior, y al igual que las otras canteras presenta un TMN de 3/4”. Respecto a estas granulometrías se afirma que todas las canteras poseen una mala gradación para su agregado grueso, a excepción de la cantera “Pacherres”.

Interpretación:

Los límites normativos (superior e inferior) establecidos en la NTP 400.037 [50], denominados husos, se visualizan en todos los gráficos mostrados anteriormente, de tal manera que se verifique si la curva granulométrica se encuentra dentro de estos rangos, que son establecidos por el TMN del agregado.

Peso unitario y contenido de humedad.

A continuación, los resultados de las pruebas de peso unitario y contenido de humedad se resumen en la tabla VIII, tanto para los agregados finos como los gruesos de todas las canteras estudiadas.

Tabla VIII

Resultados de peso unitario y contenido de humedad de los agregados

Cantera	Agregado	Contenido de humedad	Condición del agregado	Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)
La Victoria - Pátapo	A. Fino	1.65%	Húmedo	1446	1619
			Seco	1422	1592
	A. Grueso	0.75%	Húmedo	1391	1505
			Seco	1380	1494
Pacherres - Pucalá	A. Fino	0.98%	Húmedo	1685	1834
			Seco	1669	1816
	A. Grueso	0.72%	Húmedo	1399	1538
			Seco	1388	1527
Castro I - Zaña	A. Fino	0.58%	Húmedo	1698	1845
			Seco	1688	1834
	A. Grueso	0.38%	Húmedo	1307	1401
			Seco	1302	1396
	A. Fino	0.16%	Húmedo	1388	1547

Bomboncitos			Seco	1386	1544
- Ferreñafe	A. Grueso	0.18%	Húmedo	1318	1328
			Seco	1316	1326

Nota: Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

En la tabla VIII se muestran los datos obtenidos de pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados, tanto en su condición seca como húmeda, así como también se especifica el contenido de humedad de cada material. De los resultados se concluye que todas las canteras los agregados finos presentan mayores pesos unitarios que los agregados gruesos. El mayor contenido de humedad de 1.65% se presentó en el agregado fino de la cantera "La Victoria", y el menor se presentó para el agregado grueso de la cantera "Bomboncitos" con 0.18%.

Peso específico y absorción.

En la tabla IX se recopilan los datos de los ensayos de peso específico y absorción de los agregados grueso y finos, de todas las canteras en estudio.

Tabla IX

Resultados de peso específico y absorción los agregados

Agregado	Ensayo	Cantera			
		La Victoria - Pátapo	Pacherres - Pucalá	Castro I - Zaña	Bomboncitos - Ferreñafe
A. Fino	P.Esp. de masa (gr/cm ³)	2.489	2.627	2.631	2.575
	Absorción (%)	1.45	0.70	0.66	1.19
A. Grueso	P.Esp. de masa (gr/cm ³)	2.768	2.662	2.758	2.690
	Absorción (%)	1.00	1.27	1.64	0.94

Nota: Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

Interpretación:

En la tabla IX se muestran los pesos específicos y porcentajes de absorción obtenidos de los estudios de laboratorio que se ejecutaron para cada cantera. Para el agregado fino los específicos varían en un rango de 2.489 a 2.631 gr/cm³, mientras que para el agregado grueso el rango va desde 2.662 a 2.768 gr/cm³. Por otro lado, los porcentajes de absorción fueron de mayor varianza para ambos materiales; para los agregados finos la absorción varía de 0.66 a 1.45%, y para los agregados gruesos se reportan valores desde 0.94% hasta 1.64%.

Selección de los materiales granulares.

Las características de las canteras seleccionadas para los agregados se resumen en la tabla X.

Tabla X

Resultados de las canteras seleccionadas - agregado grueso y el agregado fino

Característica	Agregado grueso	Agregado fino
	Pacherres - Pucalá	La Victoria - Pátapo
Módulo de fineza	-	2.99
Tamaño máximo nominal (plg.)	3/4	-
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1399	1446
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1538	1619
Contenido de humedad (%)	0.72	1.65
Peso específico (gr/cm ³)	2.66	2.49
Absorción (%)	1.3	1.4

Nota: Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

Interpretación:

En la tabla X se visualiza que las canteras seleccionadas con sus respectivos datos de los ensayos generados en laboratorio. Para el agregado grueso la cantera "Pacherres" fue la seleccionada debido a su correcta gradación, a diferencia de las otras canteras que presentaban una mala gradación. Por otra parte, la cantera "La Victoria" fue la seleccionada

para la obtención del agregado fino, siendo la característica determinante para su elección su curva granulométrica, puesto que es la que se ajusta en mayor medida a los límites establecido por la NTP 400.037, mientras que el resto de canteras no. Ambos agregados seleccionados fueron empleados en las mezclas de concreto diseñados en el presente estudio.

Selección de temperatura de quemado de las cenizas de bagazo de saccharum officinarum y sus propiedades físicas

Selección de temperatura de quemado.

El bagazo de caña de saccharum officinarum fue obtenido de un fundo local en el distrito Chancaybaños en Cajamarca – Perú, este bagazo en una condición seca se sometió a diferentes temperaturas de quemado en un horno artesanal, mediante un termómetro infrarrojo se controló las temperaturas de quemado de 550 °C, 600 °C, 650 °C y 700 °C. La quema del bagazo de caña de azúcar a distintas temperaturas se realizó con el fin de establecer cuál temperatura es la ideal.

Con referencia al quemado la temperatura ideal se determinó mediante ensayos de compresión de ejemplares cúbicos de 5 cm de lado según la ASTM C109/C109M [64]. Estos especímenes fueron diseñados con la dosificación que se especifica en la tabla XI, compuesto de cemento, arena y CBCA, esta última se adiciono en un 20% respecto al peso del cemento. La resistencia a compresión de los cubos fue evaluada en periodos de 7, 14 y 28 días, los resultados se visualizan gráficamente en la fig. 11.

Tabla XI

Dosificación en peso de la mezcla preliminar de mortero para los ensayos de compresión de especímenes cúbicos

Material	Cemento	Arena	CBCA	Agua
Peso (gr)	218.91	364.98	54.72	164.18
R a/c		0.75		

Interpretación:

En la tabla XI se muestran la dosificación en peso de la mezcla preliminar de mortero para los ensayos de compresión de especímenes cúbicos.

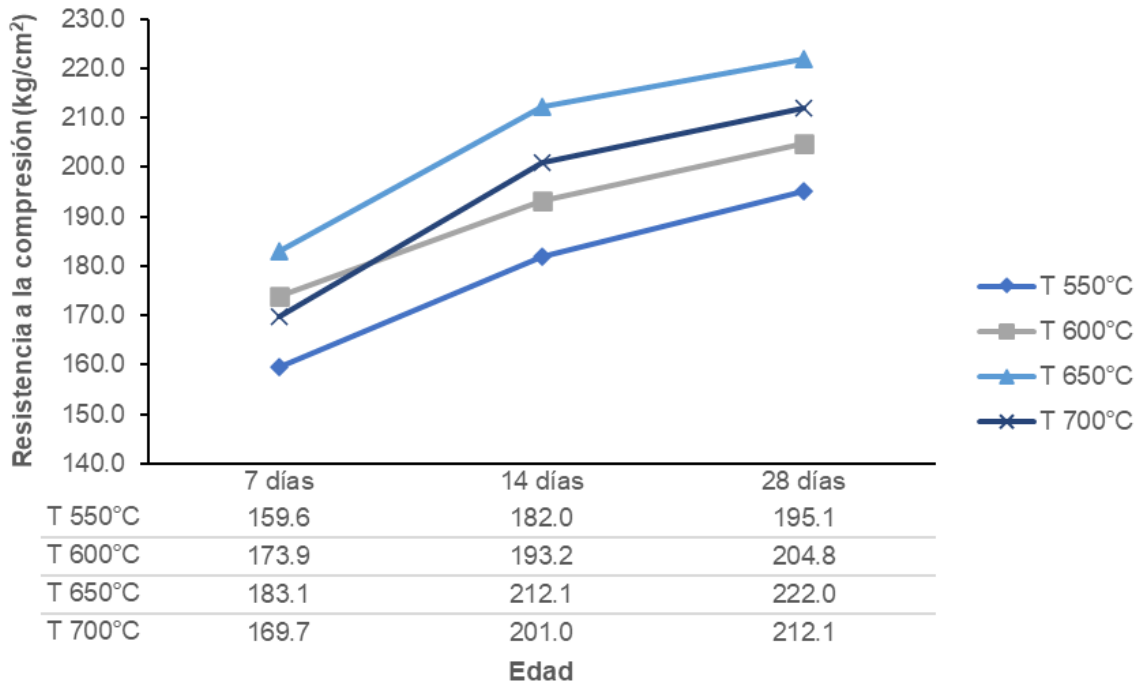


Fig. 11. Resultados de resistencia compresiva para la determinación de temperatura ideal de quemado.

Interpretación:

En la fig. 11 se observan los datos finales de resistencia compresiva de las mezclas de mortero con las distintas cenizas quemadas a diferentes temperaturas. La mayor resistencia se consiguió con la temperatura de 650°C, con una resistencia compresiva de 222.00 kg/cm², seguido por una temperatura de 700°C con 212.07 kg/cm², luego la temperatura de 600°C con 204.75 kg/cm² y por último la temperatura de 550°C con un valor de 195.07 kg/cm². En base a estos resultados la temperatura ideal de quemado seleccionada es de 650°C, en base a esta temperatura se obtuvo la ceniza de bagazo de saccharum officinarum que se destinó para los diversos diseños de mezcla.

117 Propiedades físicas de las cenizas de bagazo de saccharum officinarum.

Las propiedades físicas se especifican en la tabla XII, así como también el respectivo análisis granulométrico del material que se representa en la gráfica de la fig. 12.

Tabla XII

Resultados de las propiedades físicas de las CBCA

Propiedad	Resultados	
Peso Unitario Suelto	319	kg/m ³
Peso Unitario Compactado	376	kg/m ³
Densidad	2.315	gr/ml
Módulo de fineza	1.35	

Nota: Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

Respecto a la tabla XII, presenta las principales propiedades físicas de las pavesas, destacando sus pesos unitarios sueltos y compactados, menores a 400 kg/m³, y muy inferiores a los obtenidos para el agregado fino. Por otra parte, el módulo de fineza de la CBCA obtenido fue de 1.35.

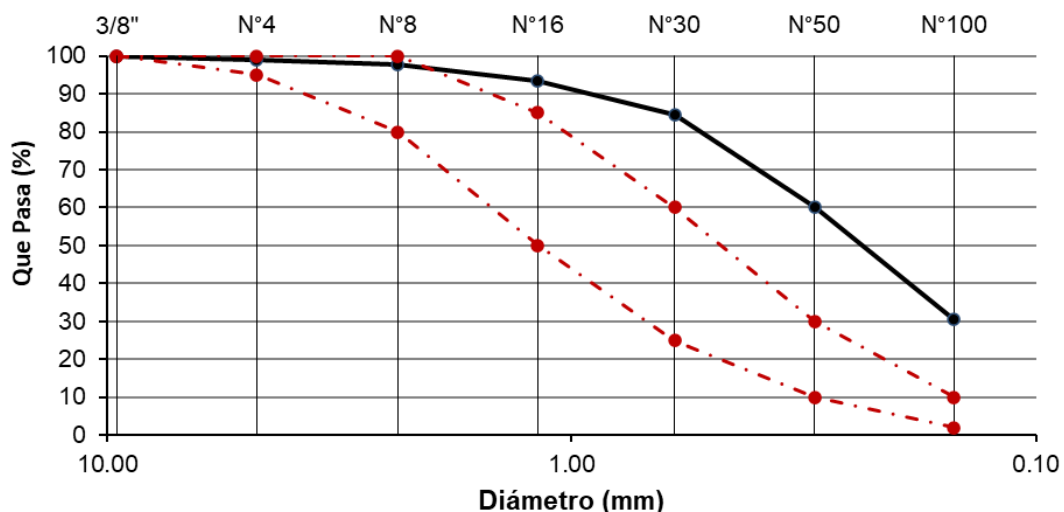


Fig. 12. Curva granulométrica de la ceniza de bagazo saccharum officinarum.

Nota. Tomado del laboratorio LEMS W&C EIRL.

Interpretación:

Por otra parte, el módulo de fineza de la CBCA obtenido fue de 1.35; y según la curva granulométrica de la fig. 12 se aprecia que esta fuera de los límites normativos, presentando hasta un 30% del material que pasa el tamiz N°100.

Diseños de mezclas patrones y con incorporaciones de CBCA

Se han formulado diversas proporciones de mezclas de acuerdo a las propiedades de los agregados y de la ceniza contemplando el método ACI 211.1 [65], tanto en el diseño patrón de $f'c$ 210 kg/cm² (denominado D1), como para $f'c$: 280 kg/cm² (denominado D2). En las tablas XIII y XIV se muestran las proporciones de ambos grupos de diseños.

Tabla XIII

Diseños de mezclas patrón $f'c$ 210 kg/cm² y experimentales incorporando de CBCA como reemplazo del agregado fino.

Diseño	Cemento (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Grava (kg/m ³)	Agua (Lts)	CBCA (kg/m ³)	R a/c
D1-CBCA0	370.7	851.4	882.2	257.7	-	
D1-CBCA1	370.7	842.9	882.2	257.7	8.5	
D1-CBCA3	370.7	825.9	882.2	257.7	25.5	0.70
D1-CBCA5	370.7	808.9	882.2	257.7	42.6	
D1-CBCA7	370.7	791.8	882.2	257.7	59.6	

Interpretación:

La tabla XIII nos muestra las proporciones en kilogramos para la fabricación de un metro cúbico de mezcla de concreto fresco. La nomenclatura D1-CBCA0 corresponde al concreto patrón de resistencia de diseño $f'c$ 210 kg/cm² sin adición de cenizas, mientras que las nomenclaturas D1-CBCA1, D1-CBCA2, D1-CBCA3, D1-CBCA5 y D1-CBCA7 corresponden a los diseños que incluyen las CBCA como reemplazo parcial del peso del agregado fino (arena) en porcentajes de 1, 3, 5 y 7% respectivamente. La proporción en

volumen de los diseños D1 es de 1: 2.43: 2.58, correspondiente a la relación cemento: arena: grava, con una relación a/c de 0.70.

Tabla XIV

Diseños de mezclas patrón $f'c$ 280 kg/cm² y experimentales con incorporación de CBCA como reemplazo del agregado fino.

Diseño	Cemento (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Grava (kg/m ³)	Agua (Lts)	CBCA (kg/m ³)	R a/c
D2-CBCA0	436.9	819.5	850.1	256.8	-	
D2-CBCA1	436.9	811.3	850.1	256.8	8.2	
D2-CBCA3	436.9	794.9	850.1	256.8	24.6	0.59
D2-CBCA5	436.9	778.5	850.1	256.8	41.0	
D2-CBCA7	436.9	762.2	850.1	256.8	57.4	

Interpretación:

Respecto a la tabla XIV se menciona que en esta se detallan las proporciones en kilogramos por metro cúbico de mezcla de concreto fresco. Se utilizó la nomenclatura D2-CBCA0 para referirse al concreto patrón de resistencia de diseño $f'c$: 280 kg/cm², mientras que para los diseños con sustituciones del agregado fino con 1, 3, 5 y 7% de CBCA le corresponden las nomenclaturas de D2-CBCA1, D2-CBCA3, D2-CBCA5 y D2-CBCA7 respectivamente. La proporción en volumen de los diseños D2 es de 1: 1.98: 2.11, correspondiente a la relación cemento: arena: grava, con una relación a/c de 0.59.

Propiedades físicas del concreto

A continuación, se muestran los resultados de las propiedades físicas del concreto en su estado fresco, como asentamiento, peso unitario, temperatura, y contenido de aire.

Asentamiento o Slump.

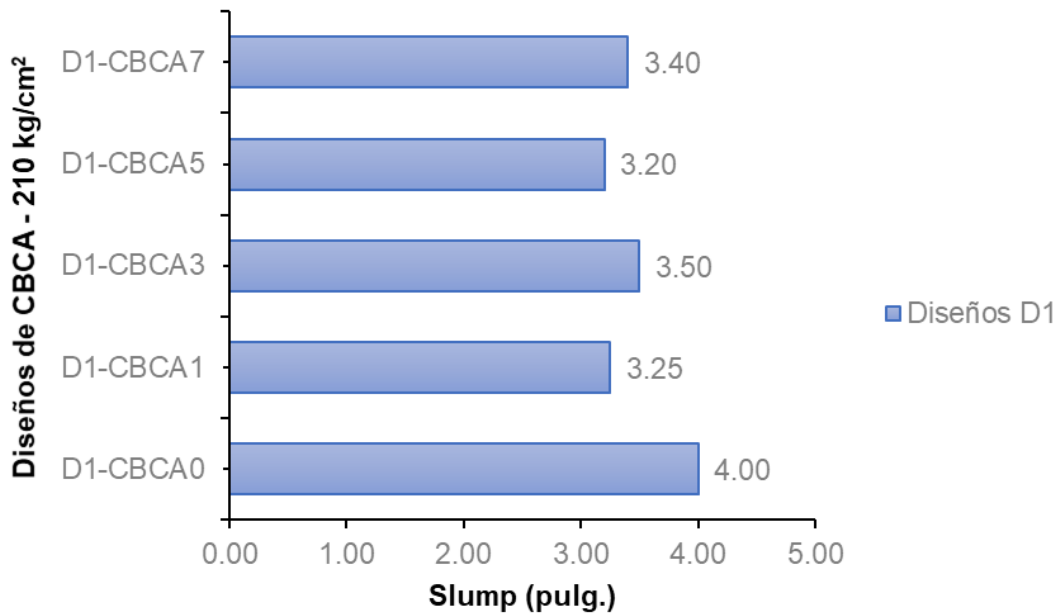


Fig. 13. Resultados de asentamiento para las mezclas concreto $f'c$: 210 kg/cm² (D1).

Interpretación:

La fig. 13 muestra mediante una gráfica de barras los datos de los ensayos de asentamiento para un concreto $f'c$: 210 kg/cm² (D1), mostrando que todos los niveles de inclusión de CBCA como sustitución de la arena en el concreto conlleva una disminución del asentamiento, la mezcla D1-CBCA5 obtiene el menor asentamiento de 3.20 pulg., que representa un 20% a las 4 pulg. conseguidos por el diseño patrón D1-CBCA0.

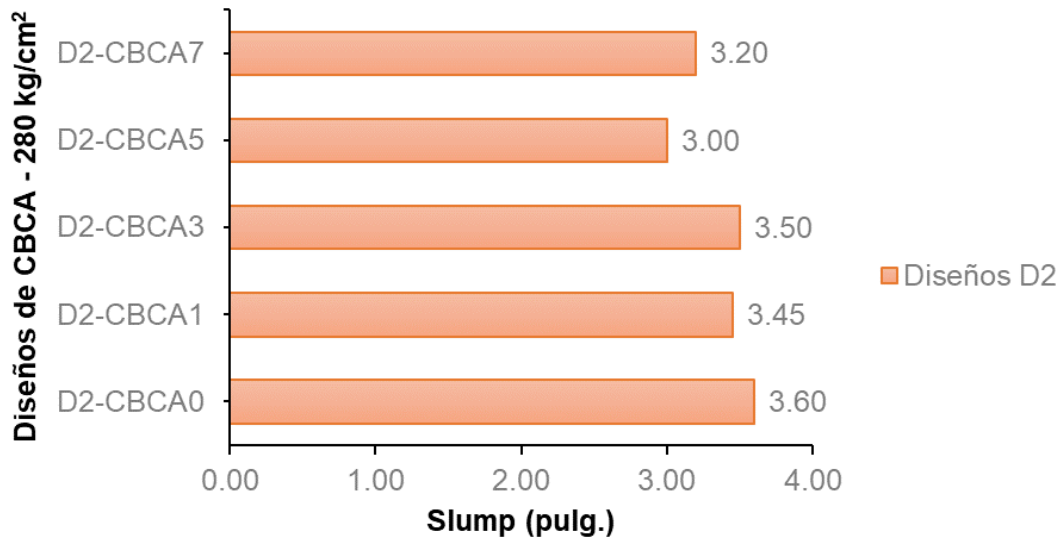


Fig. 14. Resultados de asentamiento para las mezclas concreto ρ_c : 280 kg/cm³ (D2).

Interpretación:

La fig. 14, muestra los resultados para los diseños D2, siendo el diseño patrón D2-CBCA0 el que obtuvo mayor valor de asentamiento de 3.60 pulg., todas las incorporaciones de CBCA disminuyeron el valor de slump, siendo el diseño D2-CBCA5 con la mayor reducción de asentamiento de 16.7% con un valor de 3 pulg. En ambos grupos de concreto se afirma que la inclusión de la CBCA disminuye la trabajabilidad de la mezcla fresca de concreto.

Control de temperatura.

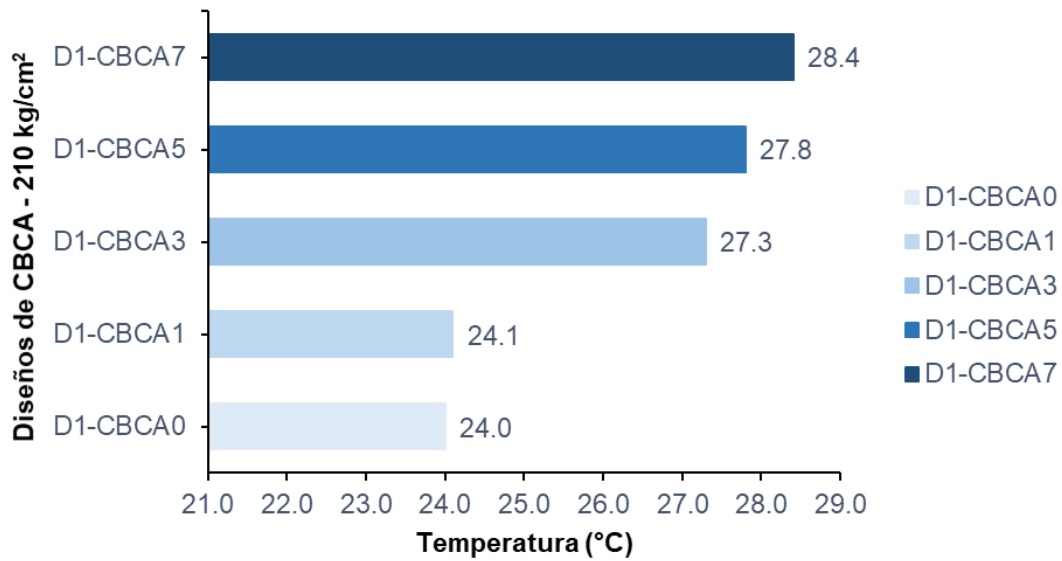


Fig. 15. Resultados de control de temperatura para las mezclas concreto f'c: 210 kg/cm² (D1).

Interpretación:

La fig. 15 se detalla gráficamente el dato numérico de temperatura de las mezclas de concreto fresco, para los grupos de diseño D1. Para los diseños D1, la temperatura presenta variaciones de aumento conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo del agregado fino con CBCA, llegando hasta 28.4°C con 7% de CBCA, que representa un aumento de 4.4°C respecto a la temperatura de 24°C del diseño patrón D1-CBCA0.

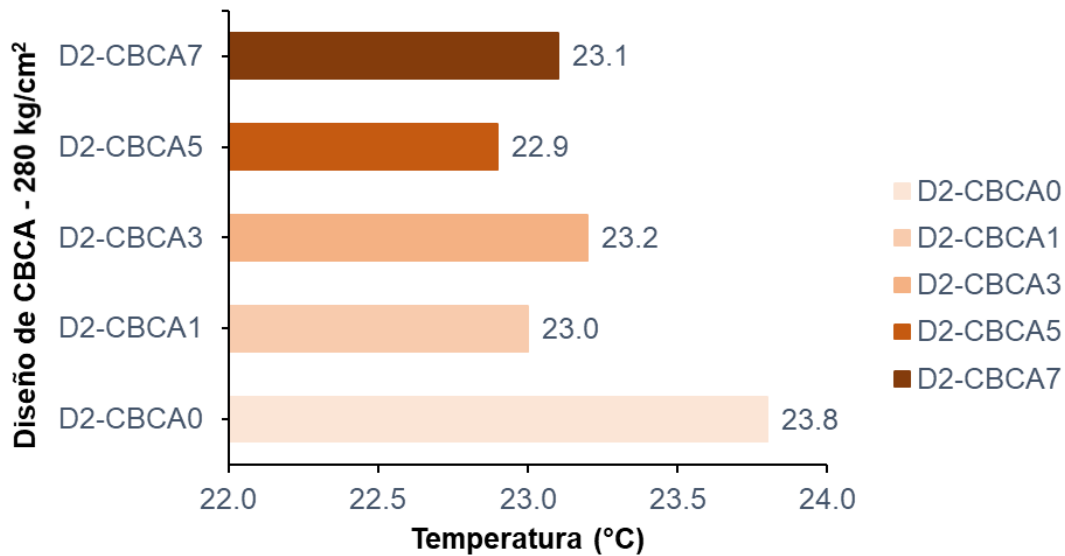


Fig. 16. Resultados de control de temperatura para las mezclas concreto $f'c$: 280 kg/cm² (D2).

Interpretación:

La fig. 16 detalla gráficamente los datos numéricos de la prueba de control de temperatura de las mezclas de concreto fresco, para los grupos de diseño D2 respectivamente. En cuanto a los diseños D2, la temperatura varía en un rango de 0.9°C, siendo la mayor temperatura de 23.8°C registrada para el concreto patrón D2-CBCA0, mientras que la menor temperatura de 22.9°C fue obtenida con 5% de CBCA en su diseño.

Se afirma que la inclusión de CBCA en el concreto disminuye los valores de temperatura sin tendencia alguna, de una manera variada.

Peso Unitario o densidad.

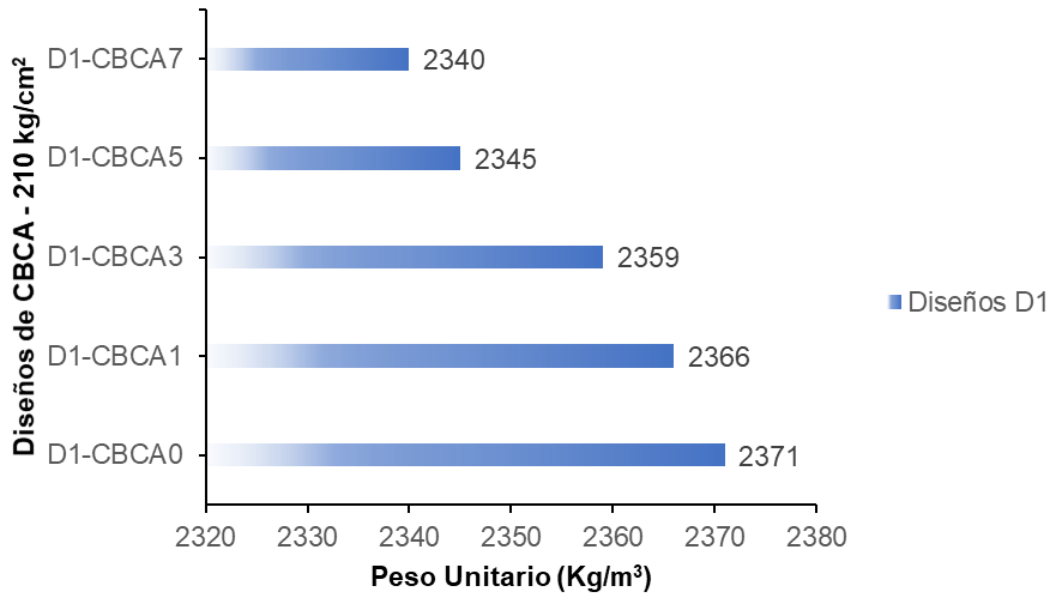


Fig. 17. Resultados del peso unitario ²⁷ para las mezclas concreto $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$ (D1).

Interpretación:

La fig. 17 detalla gráficamente los valores de la tentativa de densidad o peso unitario para un concreto $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$, presentando una variación de 31 kg/m^3 entre el máximo valor obtenido (2371 kg/m^3) por el diseño patrón D1CBCA0 y el menor valor conseguido (2340 kg/m^3) por D1-CBCA7.

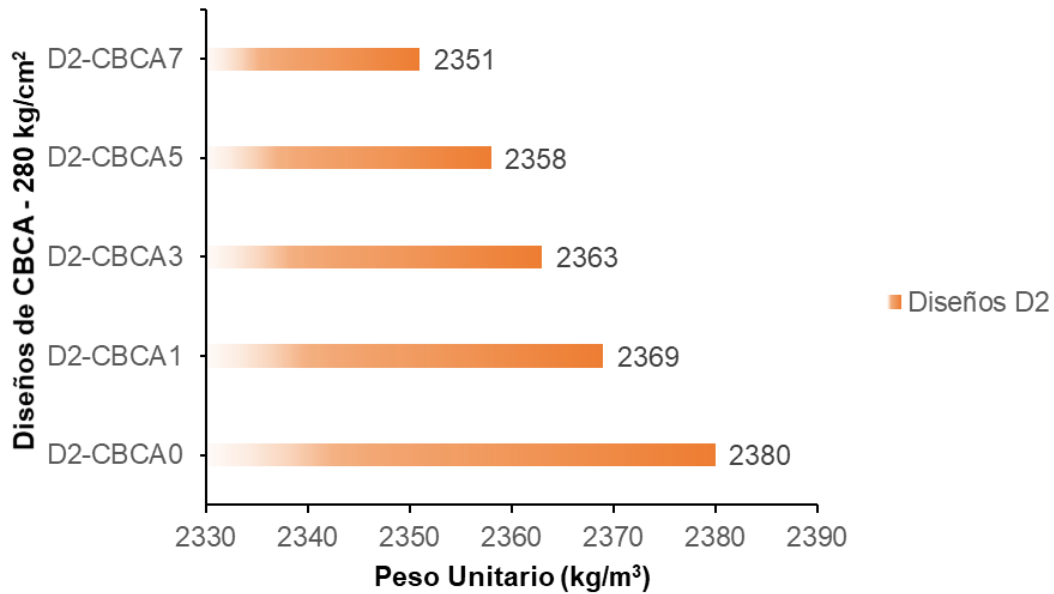


Fig. 18. Resultados de peso unitario para las mezclas de concreto $f'c$: 280 kg/cm² (D2).

Interpretación:

De la misma manera se visualiza en la fig. 18 para un concreto $f'c$: 280 kg/cm², teniendo una variación de 29 kg/m³, donde el máximo valor fue de 2380 kg/m³ para la mezcla de concreto patrón D2-CBCA0 y el menor valor de 2351 kg/m³ se obtuvo para el diseño D2-CBCA7.

En ambos grupos de diseño D1 y D2, el peso unitario se vio disminuido a medida aumentaba el contenido de CBCA.

Contenido de aire.

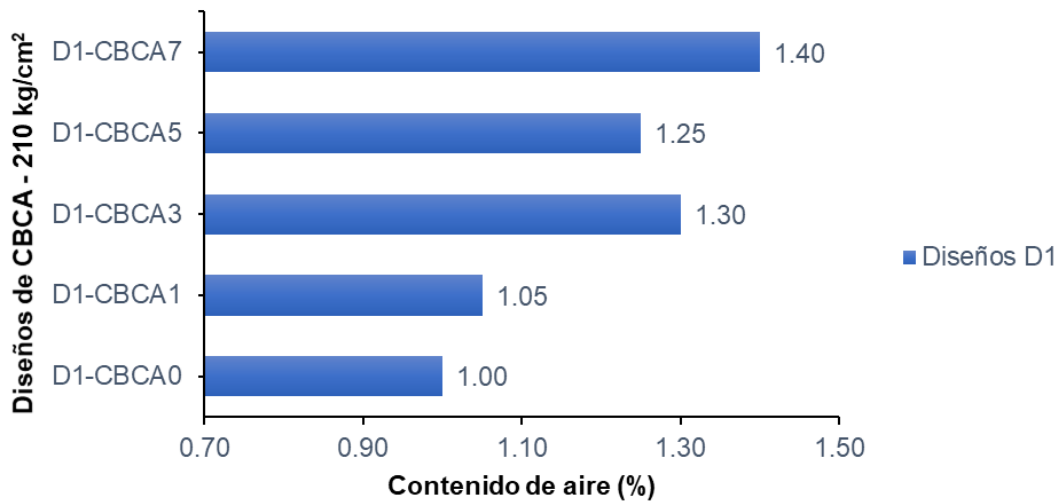


Fig. 19. Resultados de contenido de aire para las mezclas concreto $f'c$: 210 kg/cm² (D1)

Interpretación:

La fig. 19 detalla por medio de gráficas de barras los resultados del estudio de contenido de aire por el método de presión [66]. Respecto a los diseños $f'c$: 210 kg/cm², presenta aumentos con la incorporación de CBCA, el diseño patrón D1-CBCA0 obtuvo un valor de 1.0%, mientras que las adiciones de 3 y 7% de CBCA obtienen los mayores valores de contenido de aire de 1.3 y 1.4% respectivamente.

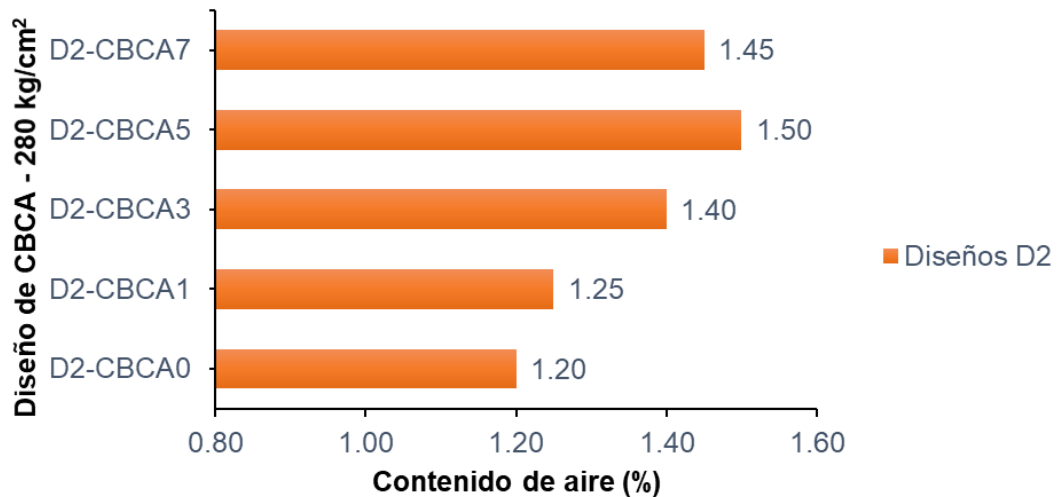


Fig. 20. Resultados de contenido de aire para las mezclas concreto f'_c : 280 kg/cm² (D2).

Interpretación:

La fig. 20 detalla por medio de gráficas de barras los resultados de la prueba de contenido de aire por el método de presión [66]. En tanto, para los diseños f'_c : 280 kg/cm², el máximo valor de contenido de aire es de 1.5% obtenido por el diseño D2-CBCA5, claramente superior al valor de 1.2% del diseño patrón D2-CBCA0.

Propiedades mecánicas del concreto

Los resultados de las propiedades mecánicas del concreto en su estado endurecido tales como resistencia a la compresión, a la flexión, a la tracción y el módulo de elasticidad se detallan en las siguientes gráficas.

Resistencia a compresión.

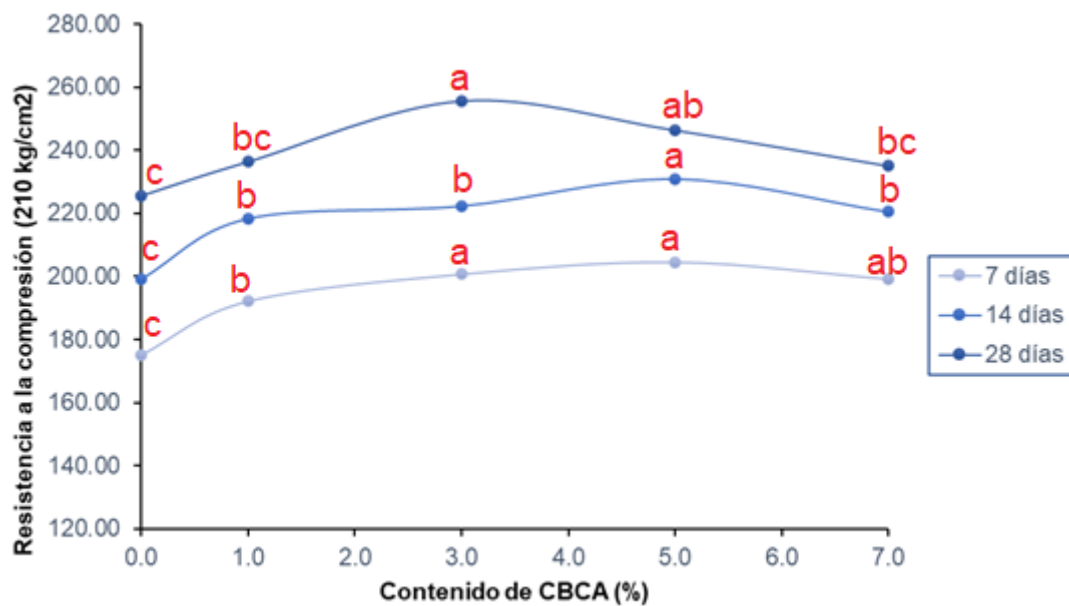


Fig. 21. Resultados de resistencia a la compresión para los concretos de $f'c$: 210 kg/cm² (D1).

Interpretación:

La fig. 21 da relucir los datos finales sobre la resistencia compresiva de los diseños D1 ($f'c$: 210 kg/cm²) en edades de curado de 7, 14 y 28 días, donde se aprecia que para todos los niveles de reemplazo de la arena con CBCA, la resistencia a compresión se ve aumentada. El diseño patrón con resistencia compresiva de 175.16 y 199.28 kg/cm² a los periodos de 7 y 14 días se ve aumentada en 16.7 y 15.8% respecto al patrón para una incorporación de 5% de CBCA; mientras que para la edad de 28 días el diseño patrón generó 225.66 kg/cm², y con una incorporación de 3% CBCA se obtuvo un incremento de 9.1% en relación al patrón, además los resultados de la variable resistencia a la compresión – 210, muestran que existe diferencia significativa entre los tratamientos (se visualizan letras diferentes en cada uno de ellos) en cada uno de los días de curado, esto se respalda por el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial que resultó ser menor que 0.05 ($p=1.75e-06<0.05$, a los 7 días de curado; $p=1.44e-06<0.05$, a los 14 días y $p=7.99e-05<0.05$ a los 28 días), además podemos observar que la prueba de comparaciones múltiples de tukey

al 95.0% de confianza, dio a conocer que en el máximo número de días de curado (28 días), se encontró que los tratamientos DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA y DISEÑO EXPERIMENTAL - 5% REEMPLAZANDO DEL CBCA no presentaron diferencia significativa, además fueron los tratamientos que maximizaron la variable resistencia a la compresión 210, siendo el tratamiento DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA donde se registró la mayor resistencia a la compresión promedio muestral, con un valor de 255.49 kg/cm².

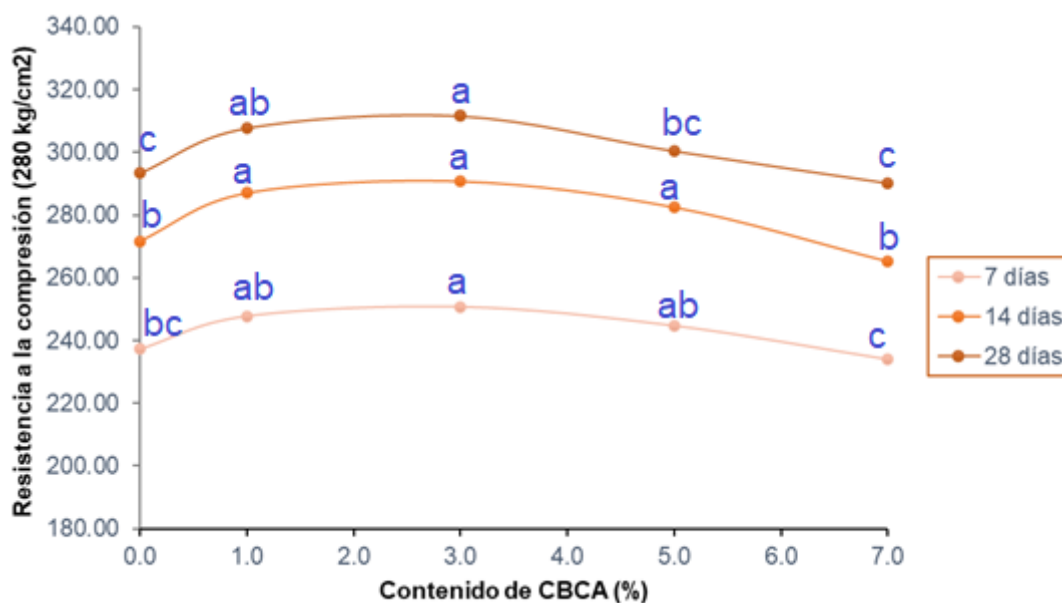


Fig. 22. Resultados de resistencia a compresión para los concretos de f_c : 280 kg/cm² (D2).

Interpretación:

La fig. 22 contempla los valores de compresión para los diseños D2 (f_c : 280 kg/cm²), donde el diseño patrón D2-CBCA0 obtuvo valores de 237.39, 271.65 y 293.38 kg/cm² a periodos de 7, 14 y 28 días de forma respectiva, y los cuales presentaron incrementos de sus valores en 5.6, 7.0 y 6.2% en el mismo orden, con el reemplazo parcial del agregado fino de 3% CBCA, así también, en referencia a la variable resistencia a la compresión – 280, podemos visualizar que existe diferencia significativa entre los tratamientos, en cada uno de los días de curado, afirmación basado en el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA

unifactorial cuyo valor resultó ser menor que 0.05 ($p=0.00185<0.05$, a los 7 días de curado; $p=2.72e-05<0.05$, a los 14 días y $p=0.000278<0.05$ a los 28 días), así mismo la prueba de comparaciones múltiples de tukey, al 95.0% de confianza, mostró que en el máximo número de días de curado (28 días), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos DISEÑO EXPERIMENTAL - 1% REEMPLAZANDO DEL CBCA y DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA, los mismo que lograron maximizar la variable resistencia a la compresión 280, cabe destacar que fue el tratamiento DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA quien presentó ¹³ la mayor resistencia a la compresión promedio muestral, con un valor de 311.61 kg/cm².

67 **Resistencia a la tracción indirecta.**

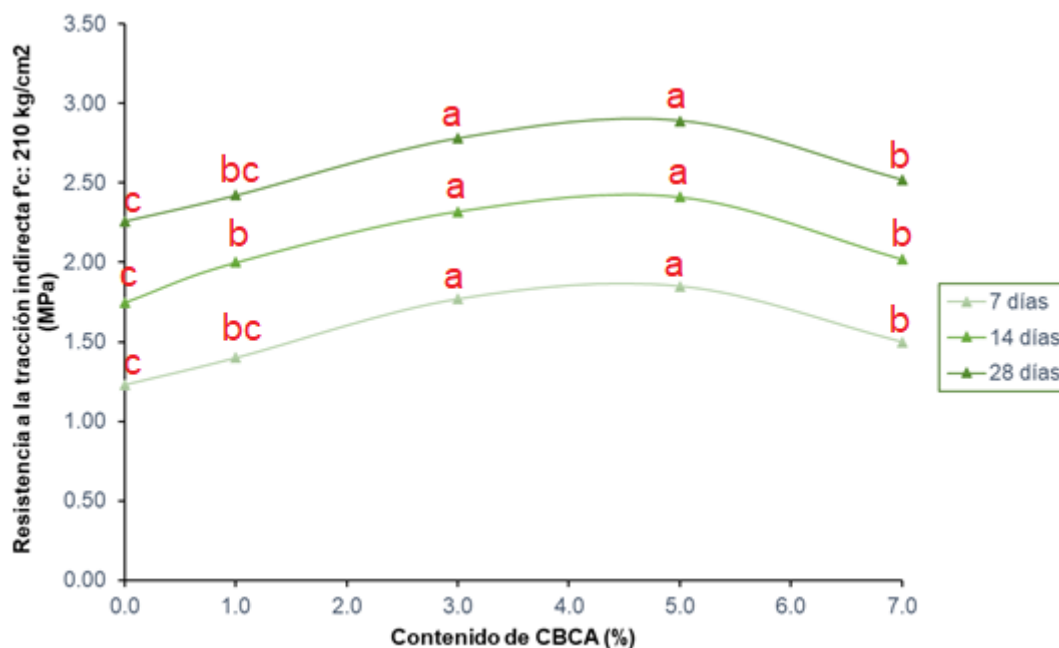


Fig. 23. Resultados de resistencia a la tracción indirecta para los concretos de f'c 210 kg/cm² (D1).

Interpretación:

La fig. 23 resume los valores de la prueba a la tracción indirecta de los diseños D1, para las edades de 7, 14 y 28 días se obtuvo resultados de 1.23, 1.75 y 2.26 MPa respectivamente para el diseño de control D1-CBCA0, en base a estos valores se presentaron los máximos incrementos de 50.4, 37.7 y 27.9% respectivamente con el nivel de reemplazo parcial de 5% de CBCA por el agregado fino, del mismo modo, según la variable resistencia a la tracción – 210, se logra conocer que existe diferencia significativa entre los tratamientos, en cada uno de los días de curado, afirmación basado en el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial cuyo valor resultó ser menor que 0.05 ($p=2.73e-06 < 0.05$, a los 7 días de curado; $p=6.4e-06 < 0.05$, a los 14 días y $p=6.03e-06 < 0.05$ a los 28 días), así mismo la prueba de comparaciones múltiples de tukey, al 95.0% de confianza, permitió identificar que en el máximo número de días de curado (28 días), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA y DISEÑO EXPERIMENTAL - 5% REEMPLAZANDO DEL CBCA, ambos tratamiento

lograron maximizar la variable resistencia a la tracción 210, en tanto que, fue el tratamiento DISEÑO EXPERIMENTAL - 5% REEMPLAZANDO DEL CBCA donde se reportó la mayor resistencia a la tracción promedio muestral, con un valor de 2.89 MPa.

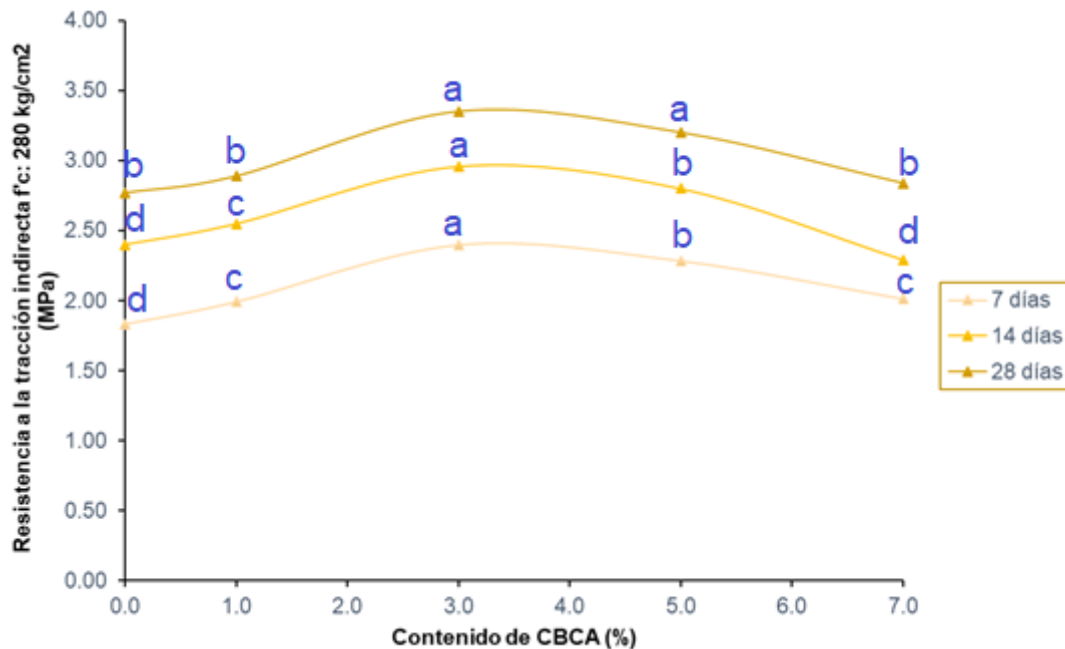


Fig. 24. Resultados de resistencia a la tracción indirecta para los concretos de $f'c$: 280 kg/cm² (D2).

Interpretación:

Por otra parte, en la fig. 24 se visualizan los datos finales de tracción indirecta para los diseños D2, donde el diseño patrón D2-CBCA0 presentó valores de 1.83, 2.40 y 2.77 MPa para las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente, los cuales presentaron aumentos de sus valores en 30.9, 23.3 y 20.9% respectivamente, con el reemplazo parcial de 3% CBCA por el agregado fino, además, en correspondencia a la variable resistencia a la tracción – 280, se logra apreciar que existe diferencia significativa entre los tratamientos, en cada uno de los días de curado, esto debido al p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial cuyo valor resultó ser menor que 0.05 ($p=4.28e-08 < 0.05$, a los 7 días de curado; $p=5.51e-08 < 0.05$, a los 14 días y $p=1.93e-06 < 0.05$ a los 28 días), además la prueba de comparaciones

múltiples de tukey, al 95.0% de confianza, dio a conocer que en el máximo número de días de curado (28 días), ¹⁵ no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA y DISEÑO EXPERIMENTAL - 5% REEMPLAZANDO DEL CBCA, siendo estos tratamientos los que lograron maximizar la variable resistencia a la tracción 280, cabe puntualizar, fue el tratamiento DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA donde se obtuvo la mayor ⁵² resistencia a la tracción promedio muestral, con un valor de 3.35 MPa.

Resistencia a flexión.

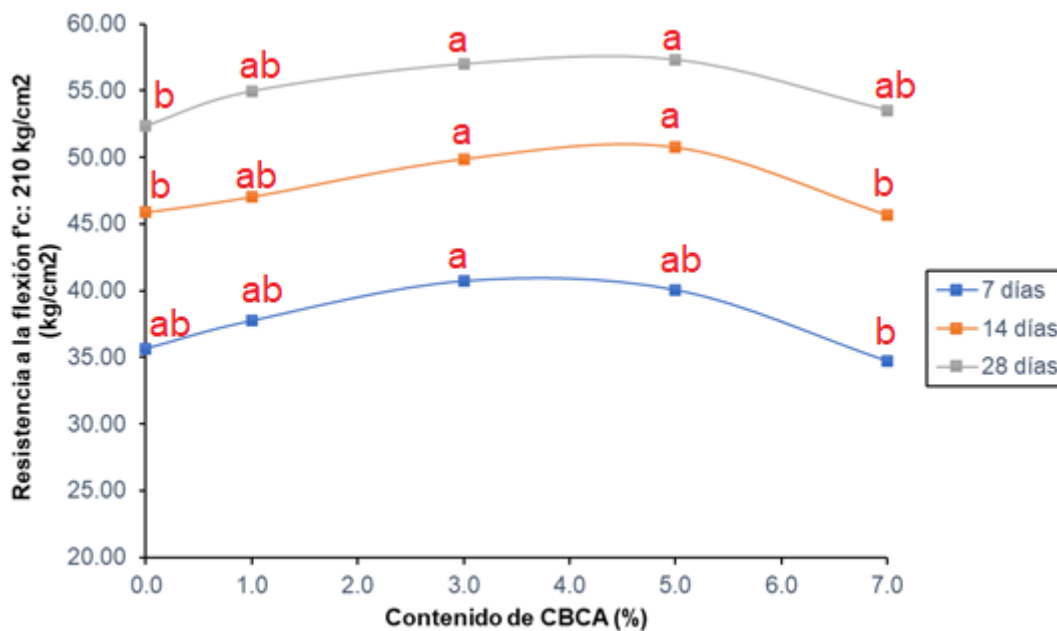
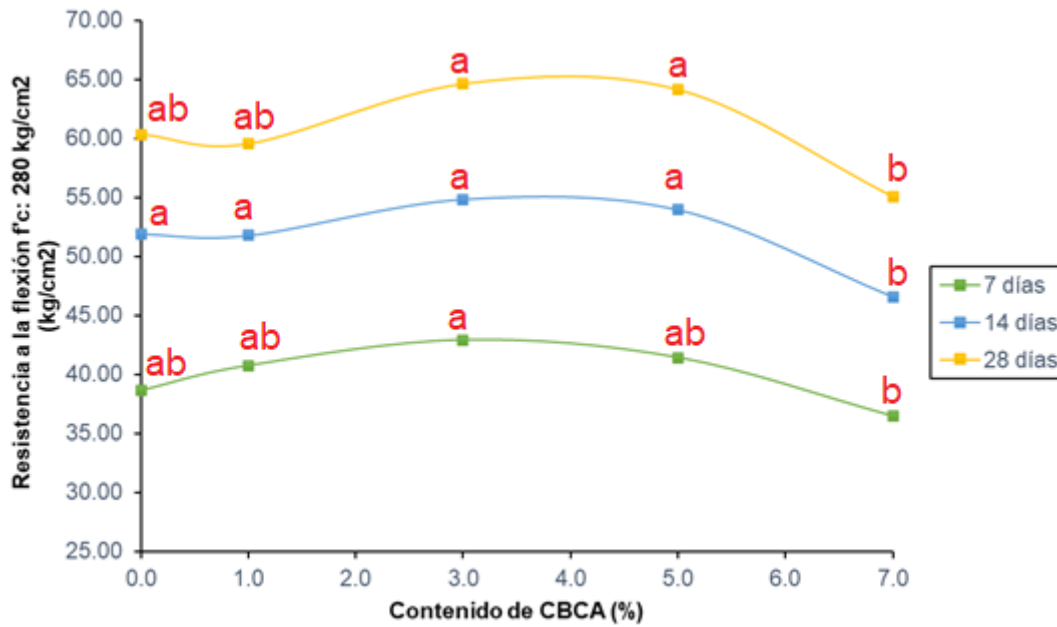


Fig. 25. Resultados de resistencia a la flexión para los concretos de $f'c$ 210 kg/cm^2 (D1).

Interpretación:

Los resultados de la prueba de flexión para los diseños D1 ($f'c$: 210 kg/cm^2) se representan gráficamente en la figura 25; a la edad de 7 días el diseño patrón D1-CBCA0 adquiere un valor de 35.65 kg/cm^2 , en base al cual se consiguió el incremento máximo de 14.2% con 3% CBCA; y para las edades de 14 y 28 días el diseño control presentó valores de flexión de 45.88 y 52.33 kg/cm^2 respectivamente, teniendo los incrementos máximos de 10.6 y 9.5% en base a sus resultados del concreto patrón, obtenidos con 5% de CBCA, así mismo, según la variable resistencia a la flexión – 210, se logró determinar que existe diferencia significativa entre los tratamientos, en cada uno de los días de curado, debido a que los p-valores de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial resultaron ser menores que 0.05 ($p=0.0196<0.05$, a los 7 días de curado; $p=0.00366<0.05$, a los 14 días y $p=0.0103<0.05$ a los 28 días), así mismo la prueba de comparaciones múltiples de tukey, al 95.0% de confianza, permitió identificar que en el máximo número de días de curado (28 días), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA y DISEÑO EXPERIMENTAL - 5%

REEMPLAZANDO DEL CBCA, los mismos que permitieron maximizar la variable resistencia a la flexión 210, además, se logró visualizar que en el tratamiento DISEÑO EXPERIMENTAL - 5% REEMPLAZANDO DEL CBCA se registró ¹³ la mayor resistencia a la flexión promedio muestral, con un valor de 57.31 kg/cm².



¹¹ Fig. 26. Resultados de resistencia a la flexión para los concretos de f'c: 280 kg/cm² (D2).

Interpretación:

Del mismo modo, en la fig. 26 resume los valores de flexión para los diseños D2 ³ (f'c: 280 kg/cm²), de los resultados de 38.65, 51.88 y 60.33 ⁸⁰ kg/cm² para las edades de 7, 14 y 28 días correspondientemente, obtenidos por el diseño patrón D2-CBCA0, se presentó las máximas ganancias de resistencia a la flexión de 11.0, 5.7 y 7.1% en ese orden, para el diseño D2-CBCA3, además, en consideración a la variable resistencia a la flexión – 280, nos permite conocer existe diferencia significativa entre los tratamientos, en cada uno de los días de curado, debido a que los p-valores de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial resultaron ser menores que 0.05 (p=0.0199<0.05, a los 7 días de curado; p=0.00463<0.05, a los 14 días y p=0.00543<0.05 a los 28 días), así mismo la prueba de comparaciones múltiples de tukey, al 95.0% de confianza, permitió identificar que en el máximo número de días de

curado (28 días),¹⁵ no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA y DISEÑO EXPERIMENTAL - 5% REEMPLAZANDO DEL CBCA, ambos permitieron maximizar la variable resistencia a la flexión 280, además, se logró visualizar que en el tratamiento DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA fue quien registró¹³ la mayor resistencia a la flexión promedio muestral, con un valor de 64.60 kg/cm².

Módulo de elasticidad.

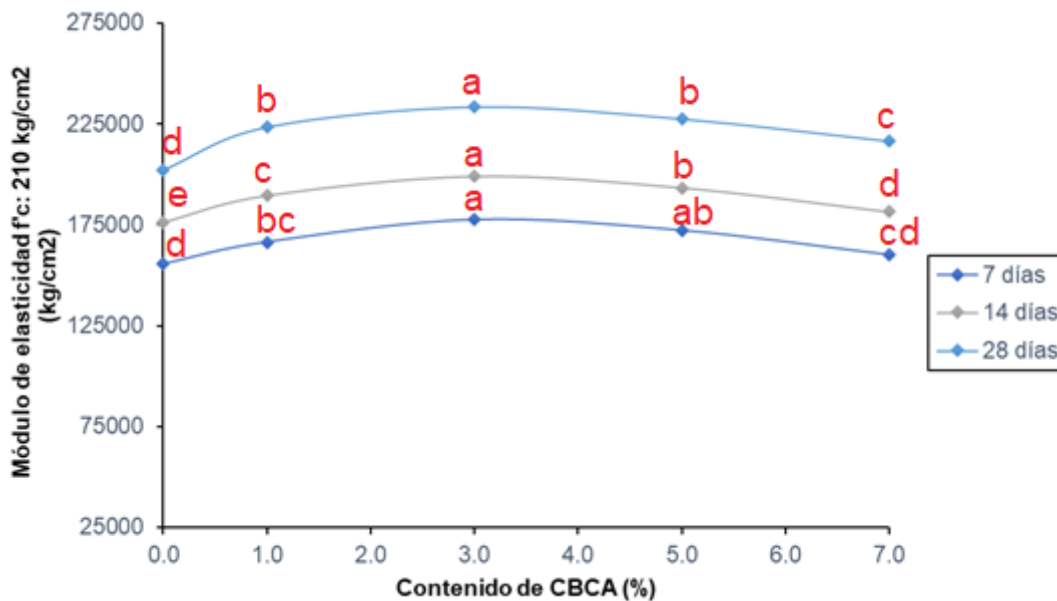


Fig. 27. Resultados de módulo de elasticidad para los concretos de $f'c$ 210 kg/cm^2 (D1).

Interpretación:

La fig. 27 resume los productos obtenidos de la tentativa de módulo de elasticidad para los diseños $f'c$: 210 kg/cm^2 , detallan los siguientes valores 155621, 176254 y 201879 kg/cm^2 para las edades respectivas de rotura de 7, 14 y 28 días, que corresponden al diseño de control D1-CBCA0, respecto a estos valores se obtuvieron los mayores incrementos de 14.1, 12.9 y 15.7% respectivamente con 3% CBCA como reemplazo parcial de la arena, a la vez, según la variable módulos de elasticidad – 210, se observó que existe diferencia significativa entre los tratamientos, en cada uno de los días de curado, debido a que los p-valores de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial resultaron ser menores que 0.05 ($p=7.2e-06 < 0.05$, a los 7 días de curado; $p=5.39e-09 < 0.05$, a los 14 días y $p=1.04e-08 < 0.05$ a los 28 días), además la prueba de comparaciones múltiples de tukey, al 95.0% de confianza, logró dar a conocer que en el máximo número de días de curado (28 días), que el tratamiento que logró maximizar la variable módulos de elasticidad 210, fue el tratamiento DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA, quién registró un valor de módulos de elasticidad promedio muestral de 233559.96 kg/cm^2 .

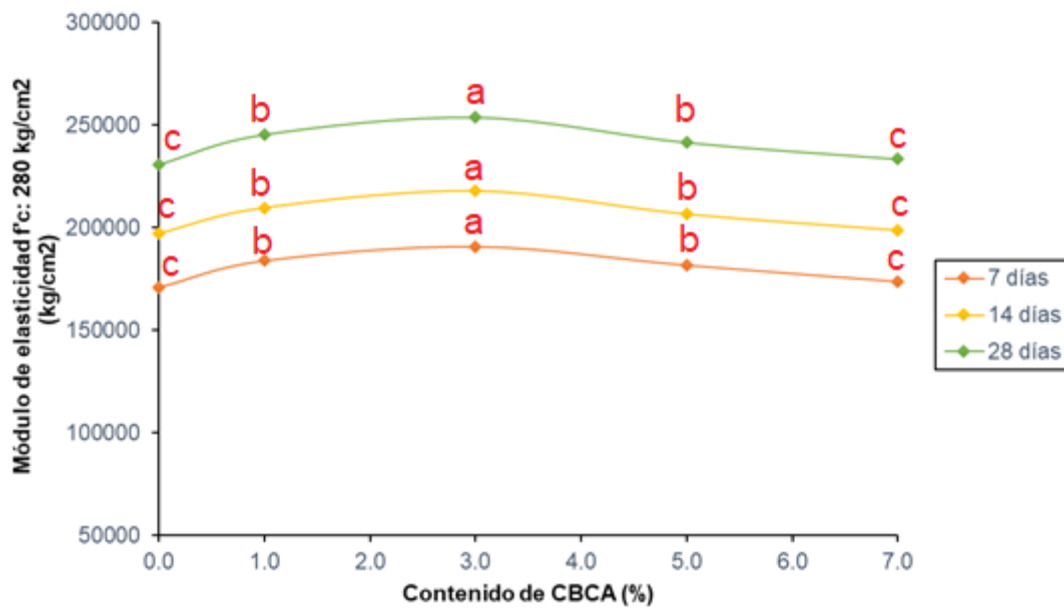


Fig. 28. Resultados de módulo de elasticidad para los concretos de $f'c$ 280 kg/cm² (D2).

Interpretación:

Asimismo, la fig. 28 presenta gráficamente los resultados correspondientes a los diseños $f'c$: 280 kg/cm², los módulos de elasticidad para el diseño patrón D2-CBCA0 a edades de 7, 14 y 28 días son 170739, 197197 y 230855 kg/cm² respectivamente, en relación a estos resultados se obtuvieron los máximos incrementos de módulo de elasticidad de 11.8, 10.6 y 9.9% correspondientemente, conseguido con el diseño D2-CBCA3, además, los resultados correspondiente a la variable módulos de elasticidad – 280, se observó que existe diferencia significativa entre los tratamientos, en cada uno de los días de curado, debido a que los p-valores de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial resultaron ser menores que 0.05 ($p=2.28e-08 < 0.05$, a los 7 días de curado; $p=3.25e-08 < 0.05$, a los 14 días y $p=9.64e-08 < 0.05$ a los 28 días), del mismo modo, la prueba de comparaciones múltiples de tukey, al 95.0% de confianza, dio a dar a conocer que en el máximo número de días de curado (28 días), fue el tratamiento DISEÑO EXPERIMENTAL - 3% REEMPLAZANDO DEL CBCA aquel tratamiento que logró maximizar la variable módulos de elasticidad 280, registrando un valor de módulos de elasticidad promedio muestral de 253759.18 kg/cm².

3.2. Discusión

Discusión 1: De las características geotécnicas de los agregados pétreos

De las distintas canteras estudiadas de la región Lambayeque, finalmente se seleccionaron la cantera “La Victoria – Pátapo” para el agregado fino y la cantera “Pacherres – Pucalá” para el agregado grueso; a diferencia de las investigaciones de Vásquez Vidaurre [35] y Sembrera Murga [36] que también utilizaron agregados de la zona, pero en su caso optaron por usar la cantera “Tres Tomas - Ferreñafe” para la obtención tanto del agregado fino y grueso. El módulo de fineza obtenido por esta investigación fue de 2.99, mientras que para Vásquez Vidaurre [35] fue 3.09 y para Sembrera Murga [36] fue de 2.94, estos valores de módulo de fineza se encuentran en marcos de $2.3 < M.F. < 3.1$ parametrizado en la NTP 400.037 [50]. De igual manera, para el agregado grueso se determinaron sus propiedades de acuerdo a las normativas de ensayo, obteniendo un TMN de 3/4”, y una buena gradación correspondiente al huso 57. Características como peso unitario, peso específico, contenido de humedad y absorción fueron fundamentales para poder proceder con el diseño de mezclas de concreto.

Discusión 2: Temperatura de quemado de CBCA y sus propiedades físicas

La temperatura se seleccionó en base a pruebas de resistencia a la compresión de ejemplares cúbicos de mortero de cemento, resultando la CBCA quemada a una temperatura de 650°C la cual consiguió el mayor valor de resistencia a compresión de 222.0 kg/cm². Estableciendo una relación con otros estudios, la temperatura de quemado es cercana a la obtenida por el presente estudio, como la elaborada por Ramakrishnan et al. [27], donde la temperatura de quemado del bagazo de caña de azúcar fue de 600°C, asegurando que con esta temperatura la ceniza asegura un alto contenido de sílice, esta temperatura también fue utilizada por Neto et al. [29]. Otros estudios usaron incluso temperaturas mayores, llegando a una temperatura de calcinación del CBCA de 700°C [30]. Por otro lado, Mariano Corne [34] también estudió más de un tipo de ceniza quemada a distintas temperaturas, en rangos de 500 a 700°C y de 700 a 800°C, pese que a la ceniza quemada en el primer rango de

temperaturas obtuvo mejor actividad puzolánica de acuerdo a un ensayo composición química, el investigador seleccionó la ceniza quemada en el segundo rango de temperatura, pues esta presentó los mayores resultados de las pruebas de compresión de especímenes cúbicos.

La CBCA seleccionada para el desarrollo de la presente investigación pasa en su totalidad el tamiz N°4 (4.75 mm), presentando una gran presencia de finos, puesto que el 30% del material pasa a través del tamiz N°100 (150 μ m); el tamaño reducido de las partículas de las cenizas, también se comprueba por otras investigaciones, donde la totalidad de la ceniza es apta de traspasar el tamiz 350 μ m [24]. Por otro lado, el módulo de finura obtenido de 1.35 es comparable al obtenido por Zareei et al. [30] que resultó 1.04.

En cuanto la gravedad específica o densidad de la CBCA que resultó en 2.315 gr/ml, difiere en gran medida a los 3.78 obtenidos por Neto et al. [29], debido a que la ceniza usada por estos investigadores presentaba una distribución de partícula con gran presencia de partículas finas.

Discusión 3: Diseños de mezcla patrón y con incorporaciones de CBCA como reemplazo parcial del agregado fino

Se elaboró diseños de mezclas patrón de dos clases de resistencia, D1 (f'c: 210 kg/cm²) y D2 (f'c: 280 kg/cm²), teniendo proporciones en volumen de cemento: arena: grava de 1: 2.43: 2.58 y 1: 1.98: 2.11 respectivamente, las proporciones se diferencian a la proporción volumétrica de Chávez Bazán [31] de 1: 2.01: 2.71, puesto que el autor específico su diseño para un concreto de 250 kg/cm². En base a los diseños establecidos, en esta investigación se utilizó la ceniza de bagazo de *saccharum officinarum* como reemplazo parcial del agregado fino en porcentajes de 1, 3, 5 y 7%; cantidades similares a investigaciones como la de Díaz Carrillo [26] que usaron niveles de reemplazo de 5 y 10%, o el estudio de Ramakrishnan et al. [27] donde la CBCA es usada en mayores cantidades en variaciones de 5% hasta un máximo de 20% respecto al peso del agregado fino. Otras investigaciones han usado el CBCA como material adicional respecto al peso del cemento en porcentajes de 5, 10 y 15% [30].

Discusión 4: Análisis de la ¹⁰⁰propiedades físicas y mecánicas del concreto

Propiedades físicas.

Asentamiento.

En la prueba de asentamiento o slump, se observa que ⁴las mezclas de concreto pierden trabajabilidad con la inclusión de CBCA para ambos grupos de diseños D1 y D2, coincidiendo que con 5% de CBCA se obtuvo el menor valor de asentamiento; resultados parecidos obtuvieron Sneha & Senthamarai [25] donde el asentamiento de las mezclas sin CBCA fue ideal, a comparación de las mezclas que incluían CBCA, siendo necesario hasta el uso de superplastificante para mantener la trabajabilidad de la mezcla. Otros estudios encontraron una reducción gradual con el incremento del contenido de CBCA en su diseño, hasta un 73.9% menos respecto al patrón con un 15% ⁶de CBCA como suplente parcial del cemento [34], mientras que en el presente estudio la máxima pérdida fue de 20% para el diseño D1-CBCA5. Otras investigaciones que han usado también la CBCA como reemplazo del agregado fino, obtuvo una disminución de 17% de asentamiento con 10% CBCA en su diseño de mezcla [23].

Temperatura.

En cuanto a las temperaturas obtenidas por las mezclas de concreto se tiene que ³para los diseños D1 (f'c: 210 kg/cm²) se tuvo un margen de 24.0 a 28.4 °C, siendo la mayor temperatura alcanzada para D1-CBCA7; mientras que para los diseños D2 (f'c: ⁶²280 kg/cm²) las temperaturas se encuentran en un rango de 23.0 a 23.8 °C; siendo la mayor temperatura alcanzada por el diseño patrón. En ambos casos cumplen con el límite de 32°C establecido por la Norma E.060 [37]; de igual manera las temperaturas de diseños ²⁶de concreto f'c: 210 kg/cm² y f'c: 280 kg/cm² obtenidos por Sembrera Murga [36] que incorporan también cenizas de bagazo estuvieron en los rangos de 23.8 a 27.8 °C y 26.2 a 27.1 °C respectivamente, estando también por debajo del límite la norma E.060.

Peso Unitario.

⁴Respecto al peso unitario o densidad del concreto fresco, para ambos grupos de diseño D1 y D2, ¹²¹el peso unitario se reduce con la adición de CBCA, disminuyendo su valor

conforme incrementa el contenido de la ceniza; de manera similar Zareei et al. [30] encontró ligeras disminuciones de la densidad fresca de diferentes tipos de concreto (ordinario, ligero y autocompactante) conforme aumentaba la cantidad de cenizas en su diseño, debido a la baja densidad que presenta la CBCA. Por otro lado, estudios que han empleado dicho residuo como sustituto del cemento en mezclas de concreto, no presentaron variaciones considerables respecto a la prueba de densidad o peso unitario del concreto fresco [36].

Contenido de aire.

Para los diseños D1 aumentan progresivamente junto con el aumento de CBCA en el concreto, alcanzando el máximo valor 1.4% para D1-CBCA7; de igual manera los diseños D2 también presentan aumento progresivo del contenido de aire, específicamente el diseño D2-CBCA5 alcanza el máximo valor de 1.5%; las investigaciones recientes coinciden con la tendencia encontrada en el presente estudio, presentando aumentos del contenido de aire al incrementar la cantidad de CBCA, explicándose por la mayor área superficial y naturaleza porosa que presentan las cenizas [28].

Propiedades mecánicas.

Resistencia a compresión.

Se obtuvo que en los diseños D1, a edades de 7 y 14 días, la mayor resistencia se obtuvo con 5% de CBCA; por otra parte, a la edad de 28 días el diseño D1-CBCA3 consigue el mayor incremento de resistencia de 13.2%. Mientras que los diseños de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (D2), para todas las edades de curado de 7, 14 y 28 días, la mayor resistencia se consiguió con 3% CBCA, a 28 días el incremento conseguido respecto al patrón es de 6.2%.

Estudios semejantes hallaron que el concreto con CBCA como sustituto del agregado fino mejoran la resistencia compresiva hasta un nivel de reemplazo de 15%, para un concreto de resistencia objetiva de 50 MPa, el aumento conseguido a 28 días es de 22% respecto al diseño de control [27], superior al 13.2% y 6.2% obtenidos en los diseños D1 y D2 de esta investigación. Por otra parte, para un concreto de control de resistencia similar al diseño D1 del presente estudio, investigadores hallaron que con un 10% de CBCA como reemplazo del

agregado fino se obtiene una mejora de 7.9% respecto al diseño de control, valor inferior al incremento conseguido en el presente estudio, con un porcentaje de reemplazo de cenizas cercano [23].

Así mismo, investigaciones nacionales como la elaborada por Araujo Bautista [32], encuentra la máxima ganancia de resistencia de 7.1% en comparación a un diseño patrón $f'c$: 210 kg/cm², con un nivel de reemplazo en arena del 10% CBCA, a partir de esa cantidad de presencia de ceniza, la resistencia compresiva tiende a disminuir; mientras que el estudio de Huayllapuma Huerta & Saldivar Astete [33] consigue el máximo aumento de resistencia de 16.6% para 8% de CBCA, porcentajes de CBCA superiores al 3% de la presenta investigación. La ganancia de resistencia con CBCA se debe a que los vacíos en la matriz cementosa son llenados con las finas partículas de ceniza, disminuyendo así la porosidad de la matriz y provocando un aumento de su resistencia [29].

Resistencia a tracción indirecta.

Respecto a los ensayos de resistencia a tracción indirecta, los diseños D1 ($f'c=210$ kg/cm²) en todos los niveles de sustitución de CBCA y a todas las edades de curado, los especímenes de concreto con CBCA obtuvieron valores de tracción superiores al concreto de control; siendo los mayores incrementos de los valores obtenidos para un nivel de reemplazo de la arena con 5% CBCA, obteniendo incrementos de 50.4, 37.7 y 27.9% a las edades de rotura de 7, 14 y 28 días respectivamente. Para los diseños D2, a edades de 7, 14 y 28 días se reportaron los máximos aumentos de tracción de 30.9, 23.3 y 20.9% respectivamente, siendo estos resultados pertenecientes a la incorporación de 3% CBCA. En comparación a estos resultados, Sneha & Senthamarai [25] también reportaron un aumento de la resistencia a la tracción dividida mediante la inclusión de CBCA, hasta un 45% mayor respecto al diseño de control, cabe destacar que la mezcla de concreto incluía residuos de granito en su diseño.

Asimismo, según los resultados, se reporta que a 28 días para los diseños D1 y D2 se obtuvo los mayores incrementos con 3 y 5% de CBCA, en comparación al estudio de Dayo et al. [23] donde los mayores incrementos de los valores tracción se consiguieron con 10% CBCA, con aumentos de 8.1 y 14% para las edades de 7 y 28 días. No obstante, la

incorporación de CBCA no siempre representa un aumento de los valores de tracción dividida, puesto que en concretos autocompactantes se ha reportado decrecimiento¹⁵⁹ a medida que aumentaba el contenido de dicha escoria y cascara de arroz como suplente del agregado fino [28].

Resistencia a flexión.

Los módulos de rotura obtenidos en el ensayo resistencia a flexión, menciona que los diseños D1 con 5% de CBCA presentan la mayor ganancia¹⁰¹ de resistencia a flexión de 9.5% a la edad de 28 días; así mismo el diseño D2-CBCA3 presenta el mayor incremento de flexión a 28 días, resultando 7.1% más al diseño de control D2-CBCA0. Comparando los resultados con los obtenidos por Dayo et al. [24], que encontraron aumentos de 13.63 y 14.4% de los valores de flexión a edades de 7 y 28 días para un nivel de reemplazo del agregado fino con 10% CBCA, mientras que para el presente estudio los mayores aumentos se obtuvieron con 5% CBCA; otra semejanza de los estudios es que a partir de la obtención de su máximo valor de módulo de rotura, los resultados de flexión tienden a mermar²⁰ a medida que incrementa la proporción de CBCA. Asimismo, investigaciones como la de Sneha & Senthamarai [25] también encontraron aumentos de los módulos de rotura para diferentes diseños de concreto que varían en su contenido de cemento en la mezcla, siendo mayor a los diseños sin CBCA en un rango de 3 a 14.7%. Sin embargo, no siempre la presencia de CBCA garantiza un aumento de los valores flexión, se ha reportado decrecimientos paulatinos con CBCA como reemplazo del cemento, alcanzando una reducción de hasta 21.12% del módulo de rotura con un 15% de CBCA¹⁰ a la edad de 28 días [34].

Módulo de elasticidad.

De acuerdo a los valores extraídos de los ensayos³ de módulo de elasticidad, para los concretos $f'c$: 210 kg/cm², el diseño D1-CBCA3 obtiene la mayor ganancia de 15.7% a 28 días de curado en relación al concreto de control; de igual manera para los concretos $f'c$: 280 kg/cm², el mayor aumento³⁶ de módulo de elasticidad resultó en 9.9%⁴² a la edad de 28 días reportado con un 3% CBCA como reemplazo del agregado fino. A diferencia de las otras pruebas mecánicas, todos los niveles de reemplazo de la arena con ceniza obtuvieron un

aumento respecto a los diseños de control. Los datos resultantes se pueden comparar con los reportados en la investigación de Sneha & Senthamarai [25] en sus diferentes diseños de concreto con CBCA fueron superiores al concreto convencional en un rango de 5 a 13.6%.

Los resultados obtenidos demuestran la mayor mejora en las propiedades mecánicas del concreto para el porcentaje de reemplazo del agregado fino de 3% de CBCA para ambos grupos de diseño D1 ($f'c$: 210 kg/cm²) y D2 ($f'c$: 280 kg/cm²), lo que significa que es factible su sustitución del agregado fino por la CBCA, puesto que se logra mantener una trabajabilidad adecuada de las mezclas frescas de concreto, verificado con el asentamiento adecuado de 3.5 pulg. (D1-CBCA3 y D2-CBCA3); y de igual manera las propiedades físicas de peso unitario y contenido de aire de los diseños presentan variaciones mínimas respecto a los diseños de control, por lo cual se asegura que la incorporación parcial de las cenizas de bagazo de *Saccharum Officinarum* como reemplazo parcial del agregado fino, no interfiere en los procesos constructivos por su características adecuadas del concreto en estado fresco, siempre y cuando se sigan las buenas prácticas de los procesos constructivos. En porcentajes superiores de reemplazo de CBCA, que se ha demostrado que merma el asentamiento de las mezclas conforme se va aumentando el nivel de reemplazo, puede influir en la trabajabilidad del concreto afectando la etapa de colocación del concreto en la ejecución de estructuras de concreto armado.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1 El propósito de la presente investigación es elaborar un diseño de mezcla de concreto incorporando 1 cenizas de bagazo de saccharum officinarum como reemplazante parcial del 3 agregado fino para un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y 280 kg/cm^2 en cantidades 1, 3, 5 y 7% con CBCA, llegando a las siguientes conclusiones:

En una primera instancia, se determinaron las características geotécnicas de cuatro de las principales canteras de la región Lambayeque, seleccionando a 1 la cantera “La Victoria – Pátapo” para el agregado fino y a la cantera “Pacherres – Pucalá” para el agregado grueso, debido a que ambas satisfacen los parámetros de la NTP 400.037, y ambos agregados se ajustan a la gradación recomendada para el material granular a ser usado en mezclas de concreto.

Respecto a la ceniza de bagazo de saccharum officinarum, se determinó que la temperatura de quemado ideal es de 650°C , puesto que la resistencia compresiva promedio de especímenes cúbicos resultó de 222 kg/cm^2 , siendo el valor más elevado obtenido de estas pruebas. De esta ceniza se determinaron sus propiedades físicas obteniendo un material de módulo de fineza de 1.35.

2 Los diseños de mezcla patrón D1-CBCA0 ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) presentó una dosificación en peso por metro cúbico de mezcla de 370.7 kg, 851.4 kg, 882.2 kg y 257.7 Lts para los materiales 134 cemento, arena, grava y agua respectivamente, con una relación a/c de 0.70, y las cantidades de CBCA fueron de 8.5, 25.5, 42.6 y 59.6 kg para las incorporaciones de 1, 3, 5 y 7% respectivamente; mientras que 4 el diseño mezcla patrón D2-CBCA0 ($f'c=280 \text{ kg/cm}^2$) las cantidades fueron de 436.9 kg, 819.5 kg, 850.1 kg y 256.8 Lts para los materiales cemento, arena, grava y agua respectivamente, 53 para la elaboración de 1 metro cúbico de mezcla con una relación a/c de 0.59, y para las incorporaciones de CBCA de 1, 3, 5 y 7% se tuvieron las cantidades en kg de 8.2, 24.6, 41.0 y 57.4 respectivamente.

En cuanto propiedades físicas del concreto fresco, la trabajabilidad se vio mermada con

las incorporaciones de CBCA según lo obtenido de las pruebas de asentamiento, explicándose por la mayor área superficial y naturaleza porosa que presentan las cenizas sobre la arena o agregado fino, debido a esto absorbe el agua de la mezcla haciendo menos trabajable al concreto. La temperatura del concreto fresco presentó variaciones mínimas con los reemplazos de CBCA, presentando incrementos para el grupo de diseño D1 y reducciones para D2. El peso unitario también se vio disminuido progresivamente con los reemplazos de CBCA por el agregado fino para ambos grupos de diseños D1 y D2, puesto a la baja densidad que presenta la CBCA; mientras que el contenido de aire presentó similares tendencias para ambos grupos de diseño, mostrando aumentos graduales a medida que aumenta la cantidad de CBCA como sustituto del agregado fino en la mezcla de concreto.

Para las propiedades mecánicas del concreto endurecido, la resistencia compresiva se ve incrementada para todos los niveles de reemplazo y a todas las edades de rotura, con excepción para el diseño D2-CBCA7, donde se presentan reducciones respecto al diseño de control. Con 3% CBCA se obtuvo los máximos incrementos de resistencia a la compresión de 13.2% y 6.2% respecto a los diseños de control D1 y D2 respectivamente. La resistencia a la tracción por su parte, se vio mejorada en mayor medida con incrementos de 27.9 y 20.9% para los diseños D1-CBCA5 y D2-CBCA3 respectivamente en relación a los concretos patrones; de igual manera, las mayores ganancias de módulo de rotura obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión fueron de 9.5 y 7.1% para los D1-CBCA5 y D2-CBCA3 respectivamente. Respecto al módulo de elasticidad, con una incorporación 3% de CBCA se obtuvo los máximos aumentos de 15.7 y 9.9% en relación a los concretos patrones D1-CBCA0 y D2-CBCA0.

Como conclusión general del proyecto se afirma que al sustituir parcialmente el agregado fino por ceniza de bagazo de *saccharum officinarum* produce mejoras en las propiedades físicas y sobre todo mecánicas del concreto, consiguiendo mejores resultados para un nivel de reemplazo de 3% de CBCA al 95.0% de confianza, siendo así una alternativa factible para la cuantiosa demanda de agregados en el sector construcción, y además de contribuir ambientalmente con la reducción de este tipo de desechos agrícolas; dejando en

claro que los diseños de mezcla de concreto D1-CBCA3 y D2-CBCA3 son los óptimos encontrados para la presente investigación.

4.2. Recomendaciones

En cuanto a los agregados pétreos, se recomienda realizar un estudio completo de las canteras de la zona para verificar si uso es factible la fabricación de mezclas de concreto según los requerimientos normativos, considerando pruebas que no se han tenido en cuenta en esta investigación como el ensayo de abrasión para el agregado grueso, para diagnosticar su resistencia a degradación; o el ensayo para definir materiales finos a través del tamiz N°200; pruebas que ayudan en la selección del material pétreo más adecuado para el uso en concreto.

Del CBCA, se sugiere realizar un análisis químico al material, con el fin de establecer sus componentes químicos y determinar la cantidad partículas puzolánicas que contiene, este análisis se recomienda realizarlo a diferentes tipos de cenizas quemadas a diferentes temperaturas como se realizó en el presente estudio.

Respecto a los diseños de mezcla, se recomienda analizar porcentajes de reemplazo del agregado fino superior a 7%, para verificar la conducta del concreto con esos niveles de reemplazo.

Para las propiedades físicas, se aprecia una reducción de trabajabilidad en las mezclas de concreto fresco conforme aumenta la presencia de CBCA, por lo que se recomienda en futuras investigaciones el uso de algún aditivo superplastificante para asegurar la manejabilidad de la mezcla.

De acuerdo a las propiedades mecánicas del concreto endurecido, se recomienda determinar los testigos de concreto a edades mayores de 28 días, con el fin de asegurar si la ganancia de resistencia mecánica obtenida con la incorporación de CBCA perdura con el tiempo.

● 20% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 18% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.uss.edu.pe Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Internet	1%
3	hdl.handle.net Internet	<1%
4	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-20 Submitted works	<1%
5	repositorio.unach.edu.pe Internet	<1%
6	repositorio.urp.edu.pe Internet	<1%
7	repositorio.unu.edu.pe Internet	<1%
8	revistas.uss.edu.pe Internet	<1%

9	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-31 Submitted works	<1%
10	oa.upm.es Internet	<1%
11	Universidad Cesar Vallejo on 2023-04-25 Submitted works	<1%
12	Universidad Ricardo Palma on 2018-11-02 Submitted works	<1%
13	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-12 Submitted works	<1%
14	researchgate.net Internet	<1%
15	sedici.unlp.edu.ar Internet	<1%
16	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2021-07-20 Submitted works	<1%
17	Universidad Católica de Santa María on 2022-11-15 Submitted works	<1%
18	repositorio.unc.edu.pe Internet	<1%
19	tesis.ucsm.edu.pe Internet	<1%
20	1library.co Internet	<1%

21	Universidad Catolica De Cuenca on 2018-07-03 Submitted works	<1%
22	Universidad Cesar Vallejo on 2020-12-11 Submitted works	<1%
23	Universidad Nacional de Piura on 2022-06-29 Submitted works	<1%
24	repositorio.utea.edu.pe Internet	<1%
25	repositorioacademico.upc.edu.pe Internet	<1%
26	Universidad Cesar Vallejo on 2017-12-11 Submitted works	<1%
27	Universidad Cesar Vallejo on 2022-08-01 Submitted works	<1%
28	opendata.biblio.uanl.mx Internet	<1%
29	repositorio.upn.edu.pe Internet	<1%
30	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-21 Submitted works	<1%
31	Universidad Continental on 2016-12-06 Submitted works	<1%
32	Universidad Andina del Cusco on 2017-09-06 Submitted works	<1%

33	Universidad Cesar Vallejo on 2023-01-13 Submitted works	<1%
34	Universidad Cesar Vallejo on 2018-06-06 Submitted works	<1%
35	Universidad Cesar Vallejo on 2018-11-24 Submitted works	<1%
36	Universidad Cesar Vallejo on 2023-04-17 Submitted works	<1%
37	Yimmy Fernando Silva Urrego, Silvio Delvasto Arjona. "Concreto autoc..." Crossref	<1%
38	es.slideshare.net Internet	<1%
39	pirhua.udep.edu.pe Internet	<1%
40	repositorio.unp.edu.pe Internet	<1%
41	CONACYT on 2017-12-04 Submitted works	<1%
42	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-05 Submitted works	<1%
43	Universidad Autónoma de Nuevo León on 2016-09-13 Submitted works	<1%
44	Universidad Católica de Santa María on 2019-07-02 Submitted works	<1%

45	Universidad Católica de Santa María on 2023-05-19 Submitted works	<1%
46	Universidad Cesar Vallejo on 2016-07-26 Submitted works	<1%
47	Universidad Cesar Vallejo on 2023-04-21 Submitted works	<1%
48	dniproavia.com Internet	<1%
49	Universidad Cesar Vallejo on 2022-06-07 Submitted works	<1%
50	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-26 Submitted works	<1%
51	Universidad Cesar Vallejo on 2023-01-04 Submitted works	<1%
52	Universidad Continental on 2017-02-23 Submitted works	<1%
53	Universidad Militar Nueva Granada on 2016-05-29 Submitted works	<1%
54	Universidad Ricardo Palma on 2019-10-24 Submitted works	<1%
55	link.springer.com Internet	<1%
56	repositorio.unheval.edu.pe Internet	<1%

57	repositorio.usanpedro.edu.pe	Internet	<1%
58	Atlantic International University on 2014-05-02	Submitted works	<1%
59	Ruiz Hernandez José Narciso,Gonzalez Ernesto Armando. "Influencia d...	Publication	<1%
60	Universidad Alas Peruanas on 2020-08-17	Submitted works	<1%
61	Universidad Andina del Cusco on 2018-03-22	Submitted works	<1%
62	Universidad Católica de Santa María on 2022-12-19	Submitted works	<1%
63	Universidad Cesar Vallejo on 2019-02-26	Submitted works	<1%
64	Universidad Cesar Vallejo on 2023-05-05	Submitted works	<1%
65	Universidad Tecnologica de los Andes on 2020-01-23	Submitted works	<1%
66	Universidad Nacional de Piura on 2022-07-08	Submitted works	<1%
67	Universidad Católica de Santa María on 2016-12-05	Submitted works	<1%
68	search.scielo.org	Internet	<1%

69	Universidad Andina del Cusco on 2019-11-08 Submitted works	<1%
70	Universidad Cesar Vallejo on 2017-12-08 Submitted works	<1%
71	Universidad Cesar Vallejo on 2023-04-27 Submitted works	<1%
72	Universidad Pontificia Bolivariana on 2018-02-02 Submitted works	<1%
73	cdn.gob.pe Internet	<1%
74	idepyme.com.ar Internet	<1%
75	studocu.com Internet	<1%
76	Universidad Andina del Cusco on 2017-12-01 Submitted works	<1%
77	Universidad Andina del Cusco on 2017-12-05 Submitted works	<1%
78	Universidad Catolica De Cuenca on 2018-03-21 Submitted works	<1%
79	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-26 Submitted works	<1%
80	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-27 Submitted works	<1%

81	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-06 Submitted works	<1%
82	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-20 Submitted works	<1%
83	Universidad Continental on 2017-12-01 Submitted works	<1%
84	Universidad Nacional de Piura on 2022-08-05 Submitted works	<1%
85	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2022-05-25 Submitted works	<1%
86	biblioteca.hegoa.ehu.eus Internet	<1%
87	Escuela Politecnica Nacional on 2015-11-14 Submitted works	<1%
88	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2018-11-07 Submitted works	<1%
89	Universidad Andina del Cusco on 2017-04-17 Submitted works	<1%
90	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-12 Submitted works	<1%
91	Universidad Andina del Cusco on 2018-03-22 Submitted works	<1%
92	Universidad Católica de Santa María on 2022-12-15 Submitted works	<1%

93	Universidad Cesar Vallejo on 2016-09-01 Submitted works	<1%
94	Universidad Cesar Vallejo on 2018-05-07 Submitted works	<1%
95	Universidad Cesar Vallejo on 2018-10-30 Submitted works	<1%
96	Universidad Cesar Vallejo on 2021-06-20 Submitted works	<1%
97	Universidad Cesar Vallejo on 2022-05-30 Submitted works	<1%
98	Universidad Cesar Vallejo on 2022-11-18 Submitted works	<1%
99	Universidad Cesar Vallejo on 2023-05-25 Submitted works	<1%
100	Universidad Continental on 2017-06-30 Submitted works	<1%
101	Universidad Continental on 2022-11-11 Submitted works	<1%
102	Universidad Tecnologica del Peru on 2021-12-12 Submitted works	<1%
103	catalonica.bnc.cat Internet	<1%
104	(4-13-12) http://200.161.120.211/bio_suggar/knet/impressos/1677_1... Internet	<1%

105	Corporación Universitaria Remington on 2020-11-16 Submitted works	<1%
106	Escuela Politecnica Nacional on 2016-01-07 Submitted works	<1%
107	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecu... Submitted works	<1%
108	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-03 Submitted works	<1%
109	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-11 Submitted works	<1%
110	Universidad Católica de Santa María on 2016-08-26 Submitted works	<1%
111	Universidad Cesar Vallejo on 2016-06-07 Submitted works	<1%
112	Universidad Cesar Vallejo on 2016-11-25 Submitted works	<1%
113	Universidad Cesar Vallejo on 2018-07-27 Submitted works	<1%
114	Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-06 Submitted works	<1%
115	Universidad Cesar Vallejo on 2022-04-07 Submitted works	<1%
116	Universidad Cesar Vallejo on 2022-06-30 Submitted works	<1%

117	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-25 Submitted works	<1%
118	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-26 Submitted works	<1%
119	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-31 Submitted works	<1%
120	Universidad Cesar Vallejo on 2022-11-01 Submitted works	<1%
121	Universidad Continental on 2019-11-12 Submitted works	<1%
122	Universidad Ricardo Palma on 2018-11-05 Submitted works	<1%
123	distancia.udh.edu.pe Internet	<1%
124	es.scribd.com Internet	<1%
125	moam.info Internet	<1%
126	repositorio.ucss.edu.pe Internet	<1%
127	transparencia.mtc.gob.pe Internet	<1%
128	vsip.info Internet	<1%

129	alcion.es	Internet	<1%
130	archdaily.pe	Internet	<1%
131	repositorio.usac.edu.gt	Internet	<1%
132	slideshare.net	Internet	<1%
133	Hernández Ledesma Patricia. "Sistemática de Mirabilis L. (Nyctaginac...	Publication	<1%
134	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2016-04-12	Submitted works	<1%
135	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2021-09-24	Submitted works	<1%
136	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de...	Publication	<1%
137	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2019-01-21	Submitted works	<1%
138	Universidad Andina del Cusco on 2018-06-21	Submitted works	<1%
139	Universidad Andina del Cusco on 2018-08-17	Submitted works	<1%
140	Universidad Católica de Santa María on 2016-08-23	Submitted works	<1%

141	Universidad Católica de Santa María on 2016-11-10 Submitted works	<1%
142	Universidad Cesar Vallejo on 2016-12-19 Submitted works	<1%
143	Universidad Cesar Vallejo on 2017-03-23 Submitted works	<1%
144	Universidad Cesar Vallejo on 2017-07-06 Submitted works	<1%
145	Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-15 Submitted works	<1%
146	Universidad Cesar Vallejo on 2020-05-22 Submitted works	<1%
147	Universidad Cesar Vallejo on 2022-06-27 Submitted works	<1%
148	Universidad Cesar Vallejo on 2022-08-05 Submitted works	<1%
149	Universidad Cesar Vallejo on 2022-10-12 Submitted works	<1%
150	Universidad Cesar Vallejo on 2022-11-08 Submitted works	<1%
151	Universidad Cesar Vallejo on 2023-04-03 Submitted works	<1%
152	Universidad Cesar Vallejo on 2023-04-17 Submitted works	<1%

153	Universidad Cesar Vallejo on 2023-04-21 Submitted works	<1%
154	Universidad Continental on 2020-07-26 Submitted works	<1%
155	Universidad Politécnica de Madrid on 2020-09-17 Submitted works	<1%
156	Universidad Privada Antenor Orrego on 2022-11-03 Submitted works	<1%
157	Universidad Privada del Norte on 2023-03-09 Submitted works	<1%
158	Universidad Ricardo Palma on 2018-11-14 Submitted works	<1%
159	Universidad Ricardo Palma on 2020-12-17 Submitted works	<1%
160	Universidad Ricardo Palma on 2021-06-27 Submitted works	<1%
161	Universidad Tecnologica de los Andes on 2020-01-21 Submitted works	<1%
162	Universidad Tecnologica de los Andes on 2021-09-17 Submitted works	<1%
163	repositorio.ujcm.edu.pe Internet	<1%
164	repositorio.uns.edu.pe Internet	<1%

165

ri.ues.edu.sv

Internet

<1%