

Evaluation of the Compressive Strength of Concrete 175 Kg/cm² Adding Coffee Husk

Yeltsin Alexander Núñez Becerra, bach.¹; Germain Noe Suarez Peña, bach.²; and Henry Josué Villanueva Bazán, Ing³

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00029243@upn.edu.pe

²Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00034868@upn.edu.pe

³Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, henry.villanueva@upn.edu.pe

Abstract – The objective of this research is to evaluate the compressive strength of concrete $f'c=175$ kg/cm² with the improvement of Whole Coffee Husks (CCE) and Ground Coffee Husks (CCM) in percentages 0.5%, 1.5% and 2.5% with respect to the weight of the fine aggregate in the concrete mix. The investigation is of the experimental type with a quantitative approach, where a total of 63 units of standardized cylindrical concrete specimens are sampled. The instruments used for data collection were based on the ASTM regulations for carrying out laboratory tests for aggregates, preparation of test tubes and breaking them, for data analysis Excel spreadsheets were used. In the results it was obtained that the optimal improvement is 0.5% in the case of the CCE and 1.5% in the case of the CCM, since they improve the compressive strength of the concrete at 28 by 8.69% and 3.68% respectively. days of curing On the other hand, the additions of 1.5% and 2.5% of CCE and 0.5% and 2.5% of CCM, generated a decrease in resistance of 12.45%, 23.42%, 13.98% and 29.59% respectively.

Keywords – Compressive Strength, Concrete, Coffee Husk.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Evaluación de la Resistencia a la Compresión del Concreto 175 Kg/cm² Adicionando Cascarilla de Café

Yeltsin Alexander Núñez Becerra, bach.¹; Germain Noe Suarez Peña, bach.²; and Henry Josué Villanueva Bazán, Ing³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00029243@upn.edu.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00034868@upn.edu.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, henry.villanueva@upn.edu.pe

Resumen – La presente investigación tiene como objetivo evaluar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de Cascarilla de Café Entera (CCE) y Cascarilla de Café Molida (CCM) en porcentajes 0.5%, 1.5% y 2.5% respecto al peso del agregado fino en la mezcla de concreto. La investigación es del tipo experimental con un enfoque cuantitativo, donde se tiene como muestra un total de 63 unidades de especímenes cilíndricos estandarizados de concreto. Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron en base a la normativa ASTM para la realización de los ensayos en laboratorio para los agregados, elaboración de probetas y rotura de las mismas, para el análisis de datos se utilizaron hojas de cálculo en Excel. En los resultados se obtuvo que la óptima adición es de 0.5% en el caso de la CCE y de 1.5% en el caso de la CCM, pues mejoran en un 8.69% y 3.68% respectivamente la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado. Por su parte, las adiciones de 1.5% y 2.5% de CCE y 0.5% y 2.5% de CCM, generaron una disminución en la resistencia de 12.45%, 23.42%, 13.98% y 29.59% respectivamente.

Palabras Clave – Resistencia a la Compresión, Concreto, Cascarilla de Café.

I. INTRODUCCIÓN

En la construcción [1], desde hace mucho ha enfrentado desafíos en obras civiles de gran o pequeña infraestructura, siendo el elemento preferido el concreto. La construcción está de la mano del crecimiento económico de un país, por lo que buscan crear constantemente insumos que tengan la mejor relación precio/calidad sin afectar la resistencia del concreto.

Dentro de los elementos más usados en el sector de la construcción, destaca “El concreto” [2], el cual es una mezcla de cemento, agregados (fino y grueso) y agua. La importancia del concreto en los proyectos de infraestructura radica en su versatilidad, característica que lo han puesto en límites insospechados gracias a su desempeño, usos y aplicaciones. En la actualidad, es el material de construcción más utilizado a nivel mundial, con una producción cercana a los 13,000 millones de metros cúbicos (m³) por año.

Uno de los componentes principales para elaborar la mezcla de concreto es el cemento, que constantemente crece cada año. En el año 2016 [11], el consumo mundial del cemento alcanzó los 4,129 Millones de Toneladas con un avance de 1.8% respecto al año 2015. De acuerdo con el Ranking por la International Cement Reviewer, para el año 2018, China (2,850.56 Mt), India (301.57 Mt) y USA (100.51 Mt) mantienen su liderazgo en el consumo de cemento, mientras que Turquía

(71.76 Mt) e Indonesia (67.85 Mt) reemplazaron a Brasil (54.05 Mt) y Rusia (53.43 Mt) en el cuarto y quinto puesto respectivamente [3]. Estos datos dejan ver la gran producción de concreto, teniendo en cuenta que el cemento representa un porcentaje bajo respecto de los agregados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Por su parte, en el Perú [12], el uso del concreto se ha incrementado cada año, pues este compuesto se utiliza en casi todas las obras de infraestructura como: edificios, pavimentos, puentes, presas, etc; entre otros. Lo que deja en evidencia que es una producción a gran escala, la cual tiene una enorme influencia en el sector de la construcción y por ende en la economía nacional. La producción nacional [4], solamente de concreto premezclado, asciende a 5 millones de metros cúbicos (m³) por año, siendo el 85% cubierto por empresas reconocidas, en donde los segmentos que más demandan de este material de construcción son Corporativo (65%), Minero (20%) y Autoconstrucción (15%).

Consideramos que los recursos naturales son agotables y la utilización del cemento para el concreto va aumentando cada año es necesario plantear una alternativa que no genere contaminación [11]; es así, que nacen nuevas investigaciones con el objetivo de sustituir, agregar o adicionar algún material que a sido desechado o no presentar otra utilidad, en la búsqueda de mejorar las propiedades físico mecánicas del concreto, como la utilización de materias orgánicas desechadas producto de su utilización en algún proceso o la separación de la misma, como el arroz, el trigo, el maíz, etc.; en esta investigación se pensó en buscar un uso adecuado para la cascarilla del café, la cual es producto del pilado del café (separación entre el grano de café y la cascarilla).

Cabe indicar que Perú [5], es uno de los principales países en el mundo que produce y exporta café de alto rendimiento en tasa. El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) informó que, en entre el año 2019 al 2021, certificó 380,000 toneladas de café con destino a mercados internacionales, de las 485,000 toneladas exportadas en total en el mismo periodo, destacando las regiones de Cajamarca, Junín, San Martín y Amazonas como principales productoras de este grano.

Como se ha podido notar, son miles de kilogramos de cascarilla que dejan las molineras producto del pilado del grano de café como desecho [11], lo cual produce cierta

contaminación, pues no tiene un uso definido ni tampoco se le da el adecuado manejo como residuo sólido.



Fig. 1 Desechos de cascarilla de café

Es por ello por lo que en la presente investigación se busca utilizar la cascarilla de café producto del pilado (cascarilla entera y molida) [11], como adición respecto al peso del agregado fino, en el diseño de un concreto para una resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$. Se planteó determinar mediante ensayos la Resistencia a la compresión de un Concreto Patrón, y un Concreto con diferentes adiciones de Cascarilla de Café Entera y Molida; y a partir de estos resultados poder establecer las respectivas comparaciones que permitan emitir un veredicto acerca de si se incrementa o no la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando cascarilla de café entera y molida.

Siendo el objetivo de esta investigación determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de cascarilla entera y molida de café.

Respecto al concreto, puede considerarse que éste es un material compuesto por dos partes: la primera que es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer en un determinado tiempo [13], y la segunda es que son trozos pétreos que quedan englobados en esa pasta. Al mismo tiempo, la pasta está compuesta por agua y un producto conglomerante o aglomerante, el cual es el cemento. El agua (H_2O) cumple con dos misiones principales, una es la de dar fluidez a la mezcla de concreto y la otra es de reaccionar químicamente con el cemento dando lugar, con ello, a su fraguado o endurecimiento [6].

La resistencia a la compresión es la característica mecánica principal del concreto y se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área y es expresada en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 , Mega pascales (MPa) y en algunos casos en libras por pulgada cuadrada (psi). Los resultados de las pruebas hidráulicas se utilizan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto cumpla con los requisitos mínimos de resistencia especificada para una estructura determinada. También pueden usarse para

finos de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras [7].

Por otro lado, la cascarilla de café también llamada cisco, es un material compuesto en su mayor parte del pergamino y fragmentos de granos. Constituye cerca del 6% del café seco de trilla y tiene un 12% de humedad. Esta cascarilla presenta un poder calorífico aproximado a 4180 cal/g o 7458 kcal/kg , cuya composición en material volátil es de 87.7%, de acuerdo con sus propiedades, puede considerarse como una materia prima [8]. Cabe indicar que el diámetro de la CCE oscila entre 4 a 8 mm luego del pilado [8].

Como hemos visto, la producción de café es a gran escala en nuestro país, por ende, se producen enormes cantidades de cascarilla de café producto del pilado, esta materia orgánica no tiene un uso definido, por lo cual siempre se desecha generando contaminación; por lo que es necesario darle un uso adecuado que permita su reutilización como agregado fino en una mezcla de concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ [11].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluar la resistencia de un concreto patrón y un concreto con la adición de cascarilla de café en la mezcla, demanda de recolección de datos numéricos medibles a través de protocolos de ensayos correspondientes para las diferentes resistencias a determinados periodos de curado que pueden alcanzar las probetas fabricadas, siendo tipo Experimental con un enfoque Cuantitativo.

Se toma una población o universo al conjunto de sujetos o elementos que serán motivo de estudio [9], para la investigación, la población de estudio es un concreto con una resistencia de 175 kg/cm^2 utilizado agregados de la zona de Jaén. Cabe indicar que la investigación está alineada a la normativa vigente de Concreto Armado E.060 [16], Normas Técnicas Peruanas (NTP) [15], y la normativa de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales por sus siglas en inglés (ASTM) [14], para ensayos de laboratorio de agregados y concreto (fresco y endurecido).

La resistencia de un concreto se determina en base al promedio de los resultados obtenidos de ensayos válidos de un conjunto de probetas normalizadas. El número mínimo de probetas a fabricar normalmente es de tres (03) unidades por cada edad y condición de ensayo, de esta manera poder contar con una confiabilidad estadística [6]. La cantidad de muestras ensayadas es de sesenta y tres (63) unidades de especímenes cilíndricos, a continuación, se detalla la distribución y cantidad de probetas fabricadas.

TABLA 1
DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO PARA SER SOMETIDAS A LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN AXIAL.

Concreto	Periodo			PARCIAL (Unidades)
	7 días de curado	14 días de curado	28 días de curado	

Patrón		3	3	3	9
Adición de cascarilla de café entera (CCE) respecto al peso del agregado fino	0.50%	3	3	3	9
	1.50%	3	3	3	9
	2.50%	3	3	3	9
Adición de cascarilla de café molida (CCM) respecto al peso del agregado fino	0.50%	3	3	3	9
	1.50%	3	3	3	9
	2.50%	3	3	3	9
Cantidad total de probetas a fabricar (Unidades)					63

A. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se recolectaron los datos directamente en laboratorio cumpliendo con el análisis de los agregados y de la resistencia a la compresión de los especímenes, tanto del concreto patrón, como del concreto con adición de CCE y CCM en relación con el peso del agregado fino en porcentajes de 0.50%, 1.50% y 2.50%.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron en fiel cumplimiento de la normativa ASTM:

- ✓ Formato 01: Análisis Granulométrico de los Agregados ASTM C136 – Agregado Fino.
- ✓ Formato 02: Análisis Granulométrico de los Agregados ASTM C136 – Agregado Grueso.
- ✓ Formato 03: Contenido de Humedad evaporable de los Agregados ASTM C566-19.
- ✓ Formato 04: Determinación del material más fino que pasa el tamiz N°200 ASTM C117.
- ✓ Formato 05: Resistencia al desgaste del agregado grueso de tamaño mayor por Abrasión e Impacto en la maquina Los Angeles ASTM C131.
- ✓ Formato 06: Método de prueba estándar para Densidad Relativa (gravedad específica) y Absorción de agregado fino ASTM C128-15.
- ✓ Formato 07: Método de prueba estándar para Densidad Relativa (gravedad específica) y Absorción de agregado grueso ASTM C127-15.
- ✓ Formato 08: Método de prueba estándar para Peso Unitario del agregado grueso ASTM C29-97.
- ✓ Formato 09: Método de prueba estándar para Peso Unitario del agregado fino ASTM C29-97.
- ✓ Formato 10: Método de prueba estándar para la Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas de Hormigón.
- ✓ Hoja de cálculo Excel prediseñada para elaborar el Diseño de Mezclas del Concreto y obtener las proporciones para fabricar los especímenes de concreto patrón y concreto con adición de CCE y CCM.

B. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

En análisis de datos se realizo en gabinete y con los procedimientos de comparación de la resistencia a la compresión en las diferentes edades, siendo el procesador de datos Microsoft Excel con la elaboración de gráficas, hojas de cálculo; los cuales nos permitieron discutir los resultados.

En el análisis de datos se separaron los datos de CCE, CCM y el concreto patrón en todos los resultados obtenidos en base al método de diseño del modulo de finura.

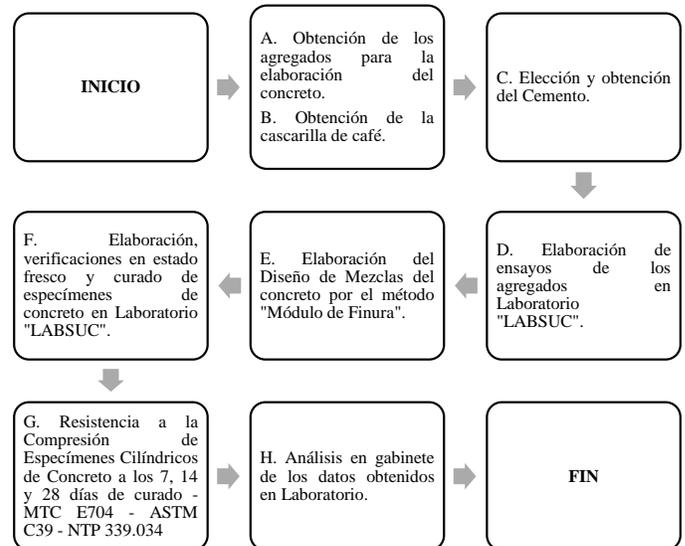


Fig. 2 Etapas del desarrollo de la investigación

C. Obtención de los agregados para la elaboración del concreto

Los agregados (fino y grueso) fueron obtenidos de la Cantera "OLANO", Ubicada en la Carretera 5N tramo Chamaya – Jaén, específicamente en las coordenadas UTM WGS84 DATUM – 17S 746157.00 Este, 9358179.00 Norte a la altura del poblado de Mochenta. La cantera "OLANO" extrae los agregados en bruto del Río Chamaya y los procesa y almacena en la planta chancadora de la ubicación mencionada.

Obtenidos los materiales se realizó el acarreo hasta el laboratorio en la ciudad de Jaén – Jaén – Cajamarca, el cual cumple con los permisos que exige la ley y los procedimientos y protocolos de la normativa ASTM.

Cabe indicar que se eligió los agregados de la Cantera "OLANO" por lo que cumplen con el análisis de los agregados fino y grueso cumpliendo con la normativa que exige el diseño de mezclas de concreto con los lineamientos de la E.060 y ASTM brindando las mejores características físicas y mecánicas para la mezcla de concreto.

D. Obtención de la cascarilla de café

- Obtención de la Cascarilla de Café Entera (CCE)



Fig. 3 Desechos de cascarilla de café sin moler

La Cascarilla de Café Entera (CCE), se obtuvo de la Cooperativa Agraria Cafetalera “La Prosperidad” de Chirinos, ubicada en el distrito de Chirinos – San Ignacio – Cajamarca, específicamente en las coordenadas UTM WGS84 DATUM – 17S 733071.00 Este, 9412935.00. donde se presentó que la cascarilla se encontraba apilonado sin ningún uso y a la espera de su eliminación.

Algunas de las propiedades de la cascarilla de café son: humedad promedio 5.4% y densidad aparente promedio 0.33 g/cm³. Cabe indicar que el diámetro de la CCE oscila entre 4 a 8 mm luego del pilado, en donde se produce la separación entre el grano del café y la cascarilla [10].

- Obtención de la Cascarilla de Café Molida (CCM)



Fig. 4 Desechos de cascarilla de café molida

Una vez obtenida la CCE, se realizó el molido para obtener la Cascarilla de Café Molida (CCM), se realizó en un molino semi industrial, el cual trituró de manera significativa a la CCE, obteniendo la cascarilla de café molida (CCM) teniendo un diámetro menor a 2 mm producto de la trituración en el molino.

E. Elección y obtención del cemento

Se usó Cemento Portland Tipo I porque es un Cemento de uso general en la mayoría de las obras de infraestructura civil en la ciudad de Jaén, en donde por lo general se usa este tipo de Cemento.

F. Elaboración del diseño de mezclas del concreto por el método “módulo de finura

Las características físicas de los materiales tomadas en cuenta para la elaboración del diseño de mezclas fueron:

- ✓ Peso específico del cemento: Se obtuvo de la ficha técnica del Cemento Portland Tipo I utilizado.
- ✓ Peso específico, absorción, contenido de humedad y módulo de finura del Agregado Fino.
- ✓ Tamaño máximo nominal, peso específico, peso seco compactado, absorción, contenido de humedad y módulo de finura del Agregado Grueso.

G. Elaboración, verificaciones en estado fresco y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

Con el Diseño de Mezclas elaborado, se procedió a fabricar los especímenes de concreto patrón y concreto con adición de CCE y CCM en diferentes porcentajes. Los moldes usados fueron de geometría cilíndrica y de dimensiones estandarizadas ($\varnothing=15$ cm y $h=30$ cm).

En el transcurso de la fabricación de los especímenes de concreto en estado fresco, se realizó las verificaciones correspondientes de consistencia de la mezcla mediante el asentamiento o “slump”, lo cual sirvió para corroborar si el diseño de mezclas estuvo elaborado adecuadamente.

Luego de que los especímenes de concreto lograron el fraguado adecuado (24 hrs), se procedió a retirarlos de los moldes cilíndricos y fueron colocados en agua a temperatura ambiente con la finalidad de que logren el curado correspondiente. Los especímenes fueron divididos en tres (03) bloques de curado, el primer bloque fue por 7 días de curado, el segundo por 14 días de curado y el tercer bloque fue por 28 días de curado.

H. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto – ASTM C39 – NTP 339.034; a los 7, 14 y 28 días de curado.

Habiendo cumplido cada grupo de especímenes de concreto su edad de curado, se procedió a realizar el ensayo de Rotura de Especímenes de Concreto en la máquina de Compresión Axial. 63 probetas.

Este ensayo tiene por finalidad determinar la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos con una resistencia mínima de 175 kg/cm², los resultados de este ensayo son usados como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación con la adición de un aditivo orgánico siendo el CCE y CCM.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para este diseño a través del modulo de finura se obtuvieron el diseño de mezclas.

TABLA 2
VALORES DE DISEÑO POR MÉTODO DE FINURA M³

Material	Valor	Unidad
Cemento	326.43	kg/m ³
Agua	205	Lts/m ³
AF seco	794.42	kg/m ³
AG seco	964.76	kg/m ³

TABLA 3
VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO DEL CONCRETO PATRÓN VS CONCRETO CON ADICIÓN DE CCE EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.5% Y 2.5% A LOS 28D DE CURADO.

Condición del Concreto	Edad (días)	Resistencia Requerida f'cr (kg/cm ²)	Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²)	Porcentaje f'c (%)	Variación f'c (%)
C° Patrón	28	245.00	283.84	100.00%	0.00%
C° Adición CCE 0.50 %	28	245.00	308.50	108.69%	8.69%
C° Adición CCE 1.50 %	28	245.00	248.49	87.55%	-12.45%
C° Adición CCE 2.50 %	28	245.00	217.36	76.58%	-23.42%

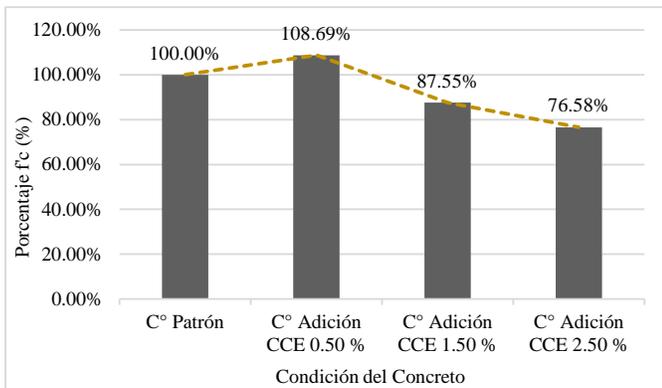


Fig. 5 Porcentaje de la resistencia máxima promedio del concreto patrón vs concreto con adición de CCE en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5% a los 28d de curado. La comparación de las adiciones es con respecto al concreto patrón, razón por la que éste representa el 100.00%. Se obtuvo de la Tabla 3.

Se observa que existe una tendencia que en cuanto se agrega más CCE desde el 0.50% hasta el 2.50% disminuye la resistencia a la compresión por lo que el valor más adecuado es el CCE 0.50%

TABLA 4
VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO DEL CONCRETO PATRÓN VS CONCRETO CON ADICIÓN DE CCM EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.5% Y 2.5% A LOS 7D DE CURADO.

Condición del Concreto	Edad (días)	Resistencia Requerida f'cr (kg/cm ²)	Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²)	Porcentaje f'c (%)	Variación f'c (%)
C° Patrón	28	245.00	283.84	100.00%	0.00%
C° Adición CCM 0.50 %	28	245.00	244.16	86.02%	-13.98%
C° Adición CCM 1.50 %	28	245.00	294.29	103.68%	3.68%
C° Adición CCM 2.50 %	28	245.00	199.85	70.41%	-29.59%

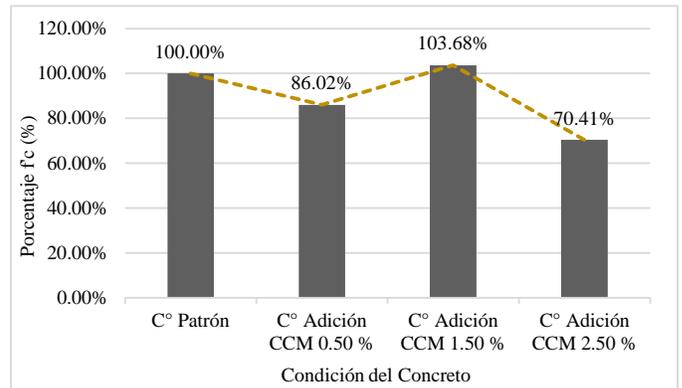


Fig. 6 Porcentaje de la resistencia máxima promedio del concreto patrón vs concreto con adición de CCM en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5% a los 28d de curado. La comparación de las adiciones es con respecto al concreto patrón, razón por la que éste representa el 100.00%. Se obtuvo de la Tabla 3.

Se observa que al agregar el CCM inicialmente disminuye su resistencia y cuando se aumenta la dosificación del CCM a 1.50% aumenta, pero al agregar CCM al 2.50 % disminuye, por lo que no existe una tendencia a diferencia del CCE en la resistencia a la compresión.

TABLA 5
VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE CCE VS CONCRETO CON ADICIÓN DE CCM EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.5% Y 2.5% A LOS 28D DE CURADO.

Condición del Concreto	Edad (días)	Resistencia Requerida f'cr (kg/cm ²)	Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²)	Porcentaje f'c (%)	Variación f'c (%)
C° Adición CCE 0.50 %	28	245	308.50	126.35%	26.35%
C° Adición CCM 0.50 %	28	245	244.16	100.00%	
C° Adición CCE 1.50 %	28	245	248.49	100.00%	18.43%
C° Adición CCM 1.50 %	28	245	294.29	118.43%	
C° Adición CCE 2.50 %	28	245	217.36	108.76%	8.76%

C° Adición CCM 2.50 %	28	245	199.85	100.00%	
-----------------------	----	-----	--------	---------	--

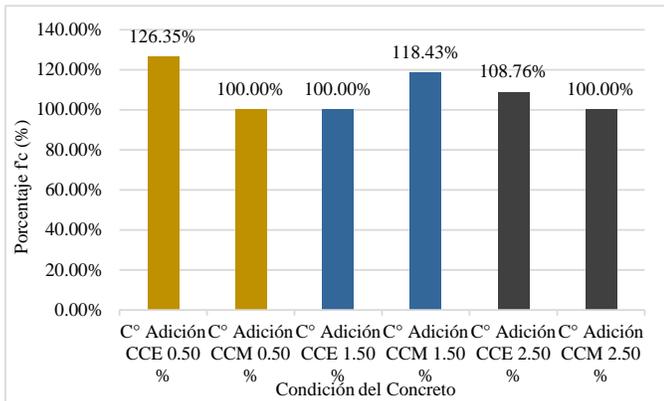


Fig. 7 Porcentaje y variación porcentual de la resistencia máxima promedio del concreto con adición de CCE vs concreto con adición de CCM en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5% a los 28d de curado. La comparación de las adiciones es una respecto de la otra, razón por la que una de éstas representa el 100.00%. Se obtuvo de la Tabla 4.

Luego de haber evaluado la resistencia a la compresión $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando Cascarilla de Café Entera (CCE) en la mezcla de concreto respecto al peso del agregado fino, se obtuvo como resultado que al adicionar 0.5% de CCE en el concreto, su resistencia aumenta en un +8.69% respecto a la resistencia del concreto patrón. Sin embargo, al adicionar 1.5% y 2.5% de CCE en el concreto, su resistencia disminuye respecto a la resistencia del concreto patrón en un -12.45% y -23.42% respectivamente.

Así mismo, al haber evaluado la resistencia a la compresión $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando Cascarilla de Café Molida (CCM) en la mezcla de concreto respecto al peso del agregado fino, se obtuvo como resultado que al adicionar 1.5% de CCM en el concreto, su resistencia aumenta en un +3.68% respecto a la resistencia del concreto patrón. Sin embargo, al adicionar 0.5% y 2.5% de CCM en el concreto, su resistencia disminuye respecto a la resistencia del concreto patrón en un -13.98% y -29.59% respectivamente.

Por lo tanto, la resistencia del concreto con adición de 0.5% de CCE aumenta con respecto al concreto patrón en un 8.69%. Por su parte, la resistencia del concreto con adición de 1.5% y 2.5% de CCE disminuye respecto al concreto patrón en un 12.45% y 23.42% respectivamente.

Se puede observar que la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón a los 28 días de curado es de 283.84 kg/cm^2 , por su parte, el concreto con adición de 0.5%, 1.5% y 2.5% de CCM respecto al peso del AF, presenta una resistencia a la compresión promedio de 244.16 kg/cm^2 , 294.29 kg/cm^2 y 199.85 kg/cm^2 respectivamente. Por lo tanto, la resistencia del concreto con adición de 1.5% de CCM aumenta con respecto al concreto patrón en un 3.68%. Por su parte, la resistencia del concreto con adición de 0.5% y 2.5% de CCM

disminuye respecto al concreto patrón en un 13.98% y 29.59% respectivamente.

La resistencia máxima promedio del concreto con adición de CCE en comparación al concreto con adición de CCM en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5% a los 28 días de curado, se ve que la resistencia a la compresión promedio del concreto con adición 0.5%, 1.5% y 2.5% de CCE a los 28 días de curado es de 308.50 kg/cm^2 , 248.49 kg/cm^2 , y 217.36 kg/cm^2 ; por su parte, el concreto con adición de 0.5%, 1.5% y 2.5% de CCM, presenta una resistencia a la compresión promedio de 244.16 kg/cm^2 , 294.29 kg/cm^2 y 199.85 kg/cm^2 respectivamente. Por lo tanto, la resistencia del concreto con adición de 0.5% y 2.5% de CCE aumenta con respecto al concreto con adición de CCM en un 26.35% y 8.76% respectivamente. Mientras que, la resistencia del concreto con adición de 1.5% de CCM aumenta respecto al concreto con adición de CCE en un 18.43%.

IV. CONCLUSIONES

Se realizó la elaboración del Diseño de Mezclas por el método Módulo de Finura. A partir de la determinación de las propiedades físicas de los agregados (fino y grueso) y la elección del tipo de cemento tipo I, se procedió a realizar los cálculos correspondientes, obteniéndose una proporción en peso de C:AF:AG:A de 1:2.49:2.96:063, por ende, las cantidades por tanda de concreto en base a una (01) bolsa de cemento fueron de: cemento: 42.50 kg, AF: 106 kg, AG: 125.84 kg y agua: 26.82 lts. Cabe mencionar que el peso del agregado fino sirvió como base para determinar los pesos de las adiciones de 0.5%, 1.5% y 2.5% de la CCE y CCM en una tanda de concreto.

Se evaluó la resistencia a la compresión del concreto $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7, 14 y 28 días de curado adicionando cascarilla de café entera (CCE) en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5% respecto al peso del agregado fino, así mismo, estos resultados fueron comparados con la resistencia obtenida en el concreto patrón. Teóricamente, el concreto debe alcanzar una resistencia máxima de 99.00% a los 28 días de curado; en ese sentido, se obtuvo que el concreto patrón alcanzó una resistencia de 283.84 kg/cm^2 (115.85%), los concretos con adición de 0.5%, 1.5% y 2.5% de CCE alcanzaron valores de 308.50 kg/cm^2 (125.92%), 248.49 kg/cm^2 (101.42%) y 217.36 kg/cm^2 (88.72%) respectivamente. Se determinó que el concreto con adición de 0.5% de CCE aumenta su resistencia en un +8.69% respecto al concreto patrón; mientras que el concreto con adición de 1.5% y 2.5% de CCE disminuye su resistencia en un -12.45% y -23.42% respectivamente.

Se evaluó la resistencia a la compresión del concreto $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ a los 7, 14 y 28 días de curado adicionando cascarilla de café molida (CCM) en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5% respecto al peso del agregado fino, así mismo, estos resultados fueron comparados con la resistencia obtenida en el concreto patrón. Como se mencionó, el concreto debe alcanzar una resistencia máxima de 99.00% a los 28 días de curado; en ese sentido, se obtuvo que el concreto patrón alcanzó una

resistencia de 283.84 kg/cm² (115.85%), los concretos con adición de 0.5%, 1.5% y 2.5% de CCM alcanzaron valores de 244.16 kg/cm² (99.66%), 294.29 kg/cm² (120.12%) y 199.85 kg/cm² (81.57%) respectivamente. Se determinó que el concreto con adición de 1.5% de CCM aumenta su resistencia en un +3.68% respecto al concreto patrón; mientras que el concreto con adición de 0.5% y 2.5% de CCM disminuye en un -13.98% y -29.59% respectivamente.

Se realizó el análisis de la resistencia a la compresión de la CCE vs la resistencia a la compresión de la CCM a los 7, 14 y 28 días de curado. Teniendo en cuenta que, el concreto debe alcanzar una resistencia máxima de 99.00% a los 28 días de curado, el concreto con adición de 0.5% de CCE alcanzó una resistencia mayor en un +26.35% respecto al concreto con adición de 0.5% de CCM. Por su parte, el concreto con adición de 1.5% de CCM alcanzó una resistencia mayor en un +18.43% respecto al concreto con adición de 1.5% de CCE. Por último, el concreto con adición de 2.5% de CCE alcanzó una resistencia mayor en un +8.76% respecto al concreto con adición de 2.5% de CCM.

REFERENCIAS

- [1] Rozas, P., & Sánchez, R. (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual. *Recursos naturales e infraestructura*.
- [2] Ceballos Arana, M. (2016). El concreto, material fundamental para la infraestructura. *Construcción y Tecnología en concreto*, 24.
- [3] ASOCEM. (2019). Panorama mundial de la industria del cemento. *ASOCEM*, 7.
- [4] Correa Saldaña, J. (2019). Concreto en obra, material fundamental para la construcción. *Perú Construye*, 5.
- [5] Diario Oficial El Peruano. (27 de octubre del 2021). Cajamarca, Junín y San Martín son las regiones con mayor producción de café para exportación. (E. Perú, Ed.)
- [6] Porrero et al, J. (2014). Manual del concreto estructural. *Manual del concreto estructural*, 31.
- [7] Cemex. (2019). ¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto? *Artículos de Construcción*.
- [8] Vasquez Aguilar, Y. (2018). Cascarilla de café.
- [9] Borja Suárez, M. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo - Perú.
- [10] Palacios, L., & Betancurt, E. (02 de Agosto de 2005). Caracterización de propiedades fluidodinámicas de lechos fluidizados en frío con mezclas de carbón - biomasa, usados en procesos de co-gasificación. Medellín, Medellín, Colombia.
- [11] Suarez Peña, G. N., & Nuñez Becerra, Y. A. (2022). Resistencia a la compresión del concreto $f'c=175$ kg/cm² con la adición de cascarilla entera y molida de café, 2021. Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Recuperado el Enero de 2023
- [12] Laura Espinoza, Rony Ronald. Análisis de la huella hídrica como indicador de gestión ambiental eficientemente en la industria del cemento—caso de estudio: Unión Andina de Cementos SAA-UNACEM. 2020.
- [13] Moreno Anselmi, Luis Ángel, Miguel Ángel Ospina García, and Kelly Andrea Rodríguez Polo. "Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso." *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* 27.4 (2019): 635-642.
- [14] ASTM – C 39, Método de ensayo cubre la determinación de la resistencia de a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto como moldeado cilindros.
- [15] NTP - 339.034, Ensayos del concreto al estado endurecido
- [16] E.060, Norma Técnica de Concreto Armado