

Compressive strength of concrete $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ with addition of 4%, 8% and 12% of diatomite and kaolin

Tarrillo Portilla Elias Isaias, Ing.¹; and Velasquez Huayta Felix Alejandra, Mg.²

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00035128@upn.pe

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

Abstract– *The purpose of this research is to determine the compressive strength of concrete $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ with addition of 4%, 8% and 12% of diatomite and kaolin; for this purpose, a quasi-experimental design of the applied type was applied considering a sample of 63 cylindrical concrete specimens; in which, 9 specimens belong to the standard concrete and 54 specimens to the concrete with addition of diatomite and kaolin in percentages of 4%, 8% and 12%. Likewise, the values obtained for the compressive strength of the standard concrete at 28 days of curing were 247.44 kg/cm^2 and of the concrete with addition of diatomite at 4%, 8% and 12% were 320.49 kg/cm^2 , 180.32 kg/cm^2 and 117.46 kg/cm^2 respectively; however, the values of the concrete with addition of kaolin at 4%, 8% and 12% were 303.44 kg/cm^2 , 299.65 kg/cm^2 and 247.91 kg/cm^2 respectively. Finally, it is concluded that concrete with diatomite addition at 4% increases the compressive strength of concrete by 29.52% with respect to the standard concrete; similarly, concrete with kaolin addition at 4%, 8% and 12% improves the compressive strength by 22.63%, 21.10% and 0.19%, respectively.*

Keywords– *Concrete, diatomite, kaolin, compressive strength.*

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín

Tarrillo Portilla Elias Isaias, Ing.¹; and Velasquez Huayta Felix Alejandra, Mg.²

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00035128@upn.pe

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

Resumen– La investigación tiene como finalidad determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín; para ello, se aplicó un diseño cuasiexperimental del tipo aplicada considerando una muestra de 63 probetas cilíndricas de concreto; en la cual, 9 probetas pertenecen al concreto patrón y 54 probetas al concreto con adición de diatomita y caolín en porcentajes del 4%, 8% y 12%. Asimismo, los valores obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días de curado fueron de 247.44 kg/cm^2 y del concreto con adición de diatomita al 4%, 8% y 12% fueron de 320.49 kg/cm^2 , 180.32 kg/cm^2 y 117.46 kg/cm^2 respectivamente; sin embargo, los valores del concreto con adición de caolín al 4%, 8% y 12% fueron de 303.44 kg/cm^2 , 299.65 kg/cm^2 y 247.91 kg/cm^2 respectivamente. Finalmente, se concluye que el concreto con adición de diatomita en porcentajes del 4% aumenta la resistencia a la compresión del concreto un 29.52% respecto al concreto patrón; del mismo modo, el concreto con adición de caolín en porcentajes del 4%, 8% y 12% mejora la resistencia a la compresión un 22.63%, 21.10% y 0.19% respectivamente.

Palabras Clave – Concreto, diatomita, caolín, resistencia a la compresión.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el concreto es el material más usado en el sector de la construcción, por ende, es primordial conocer sus propiedades físicas y mecánicas. Por lo tanto, este sector explora nuevos requerimientos específicos mediante el estudio de nuevas materias primas; en la cual, el concreto con adición de diatomita es una nueva alternativa para optimizar sus propiedades mecánicas, que se fundamentan en la obtención de un concreto estructural de calidad. [1]. Asimismo, el concreto es un elemento esencial en el campo de la ingeniería civil que está inmerso en una serie de modificaciones; puesto que, el desarrollo de tecnologías busca analizar el comportamiento que experimenta al incorporarle un nuevo material a los diseños de mezcla de concreto; ya que, mediante su aplicación las propiedades del concreto sufren una serie de cambios [2].

En América Latina, la sostenibilidad en el sector de la construcción es imprescindible; puesto que, busca preservar los recursos naturales que son necesarios para el crecimiento continuo; además, la utilización de tierra de diatomeas como adición en los diseños de mezcla produce cambios en las propiedades mecánicas del concreto, ya que este material al adicionarse requiere un mayor porcentaje de agua y la resistencia a la compresión tiende a mostrarse afectada con

relación a un concreto tradicional [3]. Por otro lado, se viene imponiendo la utilización de caolín como un material cementante en la producción del cemento debido a términos técnicos y económicos; los cuales, se enfocan en obtener mejoras en la resistencia mecánica del concreto [4].

En el Perú, la industria de la construcción esta implementado nuevas tecnologías para optimizar las propiedades mecánicas del concreto; puesto que, el uso de puzolanas naturales en los diseños de mezcla de concreto tiene una alta demanda en el sector constructivo; cabe mencionar, que este material posee características físicas y químicas muy significativas [5]. Por lo cual, los diseños de mezcla de concreto con adición de arcillas generan un gran interés al mejorar las propiedades del concreto; por ende, se enfatiza la importancia de cumplir con las especificaciones técnicas estipuladas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), American Society for Testing and Materials (ASTM) y la Norma Técnica Peruana (NTP) [6].

En la ciudad de Cajamarca, la implementación de adiciones al concreto es una alternativa sustentable para optimizar las propiedades mecánicas del concreto; en la cual, el uso de diatomita influye de manera positiva en la resistencia a la compresión; por ende, la utilización de una puzolana natural está innovando en la aplicación de nuevos materiales en el sector de la construcción [7]. La incorporación de arcillas como el caolín buscan la creación de nuevas novedades tecnológicas que mejoren las propiedades mecánicas del concreto; cabe mencionar, que la resistencia mecánica del concreto se deberá analizar a los 28 días de curado [8].

En tal sentido, [9] realizaron un estudio: Análisis de las propiedades del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ incorporando diatomita; asimismo, el objetivo general del estudio fue evaluar, analizar y determinar cómo influye la diatomita en las propiedades mecánicas del concreto. La muestra estuvo constituida por 45 especímenes de concreto; el diseño que se utilizó en la investigación fue experimental del tipo aplicada y cuantitativa. Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de curado para un concreto patrón fue 258.18 kg/cm^2 y con la sustitución de cemento por diatomita al 6%, 12%, 18% y 24% fueron de 273.51 kg/cm^2 , 236.83 kg/cm^2 , 177.82 kg/cm^2 y 141.99 kg/cm^2 respectivamente. Finalmente, la sustitución del cemento por 6% de diatomita presentó una excelente resistencia a la compresión; por ende, al aumentar el porcentaje de diatomita la resistencia disminuye.

Igualmente, [10] realizó una investigación: Producción de concreto con sustitución de diatomita por cemento portland, para determinar la resistencia de un concreto de $f'c=210$ kg/cm². La muestra estuvo constituida por 44 probetas de concreto, el diseño que se empleo fue una investigación experimental del tipo aplicada y explicativa. Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de curado para un concreto patrón fue 255.71 kg/cm² y con la sustitución de diatomita al 5%, 10% y 15% fueron de 282.73 kg/cm², 257.46 kg/cm² y 220.78 kg/cm² respectivamente. Por último, la resistencia a la compresión con sustitución del 5% de diatomita se consideró como la más optima; por lo cual, el incremento de porcentajes de diatomita disminuyó la resistencia del concreto.

En consecuencia, las proporciones de adición de diatomita y caolín al 4%, 8% y 12%, se justifican considerando estudios previos que reportan una optimización en la resistencia a la compresión del concreto en rangos similares de cada material adicionado.

En este contexto, formulamos la siguiente pregunta: ¿Cuál será la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín?

Con el fin de abordar la pregunta anterior, se establece el siguiente objetivo general: Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín. Como objetivos específicos: determinar las propiedades físicas de los agregados provenientes de la cantera “Bazán Contratistas Generales S.R.L” - distrito de Cajamarca, realizar un diseño de mezcla por el método ACI Comité 211.1 para una resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm², encontrar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² convencional a los 7, 14 y 28 días de curado, determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín a los 7, 14 y 28 días de curado y comparar los resultados de la resistencia a la compresión del concreto patrón vs el concreto con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín.

La hipótesis planteada es la siguiente: La adición de diatomita y caolín en porcentajes del 4%, 8% y 12% produce un aumento en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm².

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Tipo, nivel, enfoque y diseño de la investigación

El tipo de investigación es aplicada; puesto que, se implementaron nuevas tecnologías emergentes para mejorar la resistencia a la compresión del concreto; en la cual, el estudio guarda relación con diseños de mezcla con adiciones de materiales como diatomita y caolín para un concreto convencional. Por lo tanto, [11] sostienen que una investigación es aplicada, cuando está orientada directamente a dar solución a los problemas del sector productivo de la sociedad; razón por la cual, para resolver esta problemática se tiende a plantear problemas e hipótesis.

El nivel de la investigación es explicativa; dado que, se analizó e interpretó el diseño de mezcla del concreto con y sin adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín en relación con el peso del cemento. Por lo cual, según [12] nos manifiestan que una investigación es explicativa porque busca emplear estudios altamente estructurados para determinar y establecer la relación de coincidencia de conceptos, variables y hechos en un entorno determinado; del mismo modo, generan una percepción de entendimiento de la problemática en estudio.

La investigación pertenece a un enfoque cuantitativo; dado que, se analizó el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con y sin adición de diatomita y caolín en diferentes porcentajes. En consecuencia, según [12] indican que un enfoque cuantitativo está definido por una serie de procedimientos que tienen una estructura secuencial y demostrativa; en la cual, se emplea la recopilación de datos para demostrar la hipótesis mediante una medición numérica y un análisis estadístico sistematizado; el cual, tiene como finalidad instaurar un modelo de comportamiento y corroborar las teorías de la investigación.

El diseño es cuasiexperimental; dado que, se elaboraron especímenes cilíndricos de concreto con y sin adición de diatomita y caolín con su respectivo diseño de mezcla. Además, según [12] considera un estudio cuasiexperimental cuando intencionalmente se manipula una variable independiente para posteriormente observar una serie de alteraciones en la variable dependiente; dado que, en este diseño los sujetos no son designados de manera aleatoria a los grupos, sino que cada grupo ya está conformado antes de iniciar el experimento; asimismo, es fundamental precisar el nivel repercusión que tiene la variable independiente sobre la dependiente.

B. Población y muestra

La población es igual a la muestra; la cual, estuvo constituida por 63 probetas de concreto con dimensiones de 15 cm x 30 cm; de las cuales, 9 testigos pertenecen a muestras de control y 54 testigos a muestras con diatomita y caolín

Seguidamente, [13] nos menciona que se deberán elaborar como mínimo 3 probetas cilíndricas de concreto para cada edad; por lo tanto, en la tabla 1 se evidencian las muestras de concreto para el ensayo de resistencia a la compresión.

TABLA 1
Distribución de probetas de concreto para ensayo de resistencia a la compresión

Concreto	Edad de curado (días)			Parcial (unidades)
	7	14	28	
Control	3	3	3	6
Diatomita 4%	3	3	3	6
Diatomita 8%	3	3	3	6
Diatomita 12%	3	3	3	6
Caolín 4%	3	3	3	6
Caolín 8%	3	3	3	6
Caolín 12%	3	3	3	6
Total				63

C. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos se realizó a través de la observación directa en los ensayos de laboratorio de concreto; puesto que, se determinó las propiedades físicas de los agregados y la resistencia a la compresión del concreto con y sin adición de diatomita y caolín.

Los instrumentos de recolección de datos considerados fueron los protocolos de laboratorio de concreto establecidos por la Universidad Privada del Norte como se especifican en la tabla 2 en relación con [14] y [15].

TABLA 2
Protocolos de recolección de datos

Protocolos	Normativa
Análisis granulométrico del agregado fino y grueso	MTC E204/ASTM C136/NTP 400.012
Contenido de humedad	MTC E215/ASTM C566-19/NTP 339.185
Gravedad específica y absorción de agregados finos	MTC E205/ASTM C128/NTP 400.022
Peso específico y absorción de agregados gruesos	MTC E206/ASTM C127/NTP 400.021
Peso unitario de los agregados	MTC E203/ASTM C29/NTP 400.017
Desgaste a la abrasión	MTC E207/ASTM C131-01/NTP 400.019
Diseño de mezcla	COMITÉ ACI 211
Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto	MTC E704/ASTM C39/NTP 339.034

D. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

La técnica de análisis de datos se estableció a un modelo estadístico porque cuantificó la relación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ entre la adición de porcentajes de 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín.

El instrumento para el análisis de datos fue el programa de Microsoft Excel, el cual, nos facilitó el procesamiento de análisis de datos de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos; de esta manera, analizados y comparados para dar respuesta a la hipótesis planteada del presente estudio.

E. Procedimiento de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos estuvo ligada a la evaluación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín; puesto que, la obtención e identificación de los materiales es fundamental para la investigación como se muestra a continuación:

- (a) Agregados: Son obtenidos de la cantera “Bazán Contratistas Generales S.R.L.

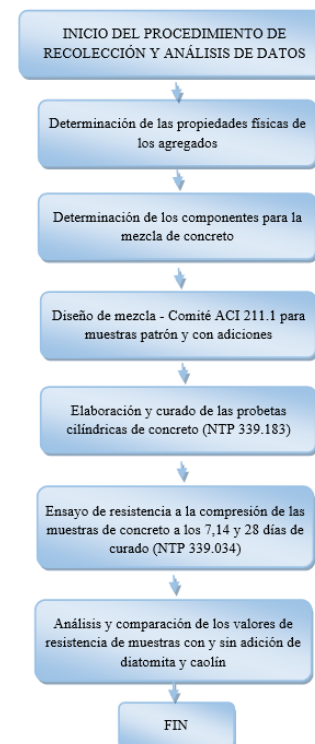
- (b) Cemento: Se empleó el cemento Portland Tipo I.
(c) Agua: Se destinó el uso de agua potable.
(d) Adiciones: Se utilizó diatomita y caolín producidas industrialmente en la ciudad de Lima.

F. Procedimiento de análisis de datos

Se designa a los resultados obtenidos en cada ensayo en laboratorio acorde a lo establecido por la Norma Técnica Peruana (NTP); en los cuales, se analizó los resultados de los protocolos de análisis granulométrico, contenido de humedad y peso unitario de los agregados; de igual manera, la gravedad específica y absorción del agregado fino, peso específico y absorción del agregado grueso, diseño de mezcla y resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Asimismo, los datos obtenidos fueron procesados en gabinete mediante las hojas de cálculo de Microsoft Excel; el cual, nos permitió definir los valores con sus respectivas tablas y graficas para su evaluación; ya que, el ensayo de resistencia a la compresión del concreto nos permitió analizar y comparar las probetas con y sin adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín; por ende, este análisis comparativo nos faculta validar la hipótesis del estudio.

Fig. 1 Flujoograma del desarrollo del estudio



III. RESULTADOS

Se presentan los resultados de las propiedades físicas del agregado fino y grueso en la tabla 3; dado que, cada ensayo cumple con los criterios requeridos para el diseño de mezcla ACI 211.

TABLA 3
Propiedades físicas del agregado fino y grueso

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso
Tipo de perfil	-	Angular
Peso unitario suelto seco	1.53 gr/cm ³	1.35 gr/cm ³
Peso unitario compactado	1.70 gr/cm ³	1.50 gr/cm ³
Peso específico de masa	2.48 gr/cm ³	2.47 gr/cm ³
Contenido de humedad	4.68 %	0.62 %
Porcentaje de absorción	4.18 %	2.55 %
Módulo de finura	2.73	-
Tamaño máximo	-	1"
Tamaño máximo nominal	-	3/4"
Contenido de vacíos	38.40 %	45.15 %

El diseño de mezcla elegido fue ACI 211.1 para la obtención de la dosificación de cada material: cemento, agua, agregados (finos y grueso), diatomita y caolín.

En la tabla 4, se evidencia los resultados de resistencia a la compresión de las muestras con y sin adición de diatomita y caolín; asimismo, la variación porcentual respecto a resistencia.

TABLA 4
Resumen general de resistencia a la compresión promedio del concreto

Edad	Muestras de concreto	Resistencia promedio obtenida (kg/cm ²)	Resistencia promedio estimada (%)	Variación de la resistencia (%)
7 días	Patrón	174.68	100.00%	0.00%
	Diatomita 4%	231.86	132.73%	32.73%
	Diatomita 8%	116.94	66.94%	-33.06%
	Diatomita 12%	73.28	41.95%	-58.05%
	Caolín 4%	210.25	120.36%	20.36%
	Caolín 8%	203.08	116.26%	16.26%
	Caolín 12%	150.45	86.13%	-13.87%
14 días	Patrón	213.59	100.00%	0.00%
	Diatomita 4%	275.95	129.19%	29.19%
	Diatomita 8%	137.40	64.33%	-35.67%
	Diatomita 12%	90.41	42.33%	-57.67%
	Caolín 4%	253.54	118.70%	18.70%
	Caolín 8%	247.38	115.82%	15.82%
	Caolín 12%	194.94	91.27%	-8.73%
28 días	Patrón	247.44	100.00%	0.00%
	Diatomita 4%	320.49	129.52%	29.52%
	Diatomita 8%	180.32	72.87%	-27.13%
	Diatomita 12%	117.46	47.47%	-52.53%
	Caolín 4%	303.44	122.63%	22.63%
	Caolín 8%	299.65	121.10%	21.10%
	Caolín 12%	247.91	100.19%	0.19%

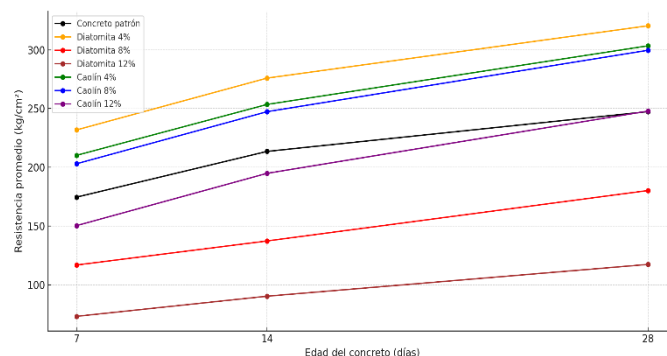
En la tabla 5, se proyectó un análisis de costos unitarios de las muestras de diatomita y caolín, que corresponde para crear 1 m³ de concreto.

TABLA 5
Resumen general de análisis de costos unitarios

Descripción	Costo unitario	% Variación de costo
Patrón	S/641.33	100.00%
Diatomita 4%	S/740.20	115.42%
Diatomita 8%	S/839.07	130.83%
Diatomita 12%	S/937.94	146.25%
Caolín 4%	S/676.01	105.41%
Caolín 8%	S/710.71	110.82%
Caolín 12%	S/745.39	116.23%

La comparación de las resistencias a la compresión de los especímenes cilíndricos elaborados con adición de diatomita y caolín en porcentajes de 0%, 4%, 8% y 12% se ilustran gráficamente en la figura 2.

Fig. 2 Comparación de la resistencia a la compresión de las muestras en un consolidado de 7, 14 y 28 días de curado



IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la investigación se realizó el análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín en relación con el peso del cemento; puesto que, se cumplió el procedimiento estandarizado para el diagnóstico de la resistencia en un periodo de 7, 14 y 28 días de curado.

Por lo tanto, las limitaciones que se consideraron para realizar el estudio fue la falta de información sobre la adición de diatomita y caolín en los diseños de mezcla ACI 211.1 para una resistencia a la compresión de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$; de esta manera, restringiendo realizar la comparación de los valores con otros estudios.

Por lo tanto, las propiedades fisicoquímicas de la diatomita y el caolín son esenciales para el estudio; puesto que, como características físicas se tiene una dureza óptima y como características químicas engloba una alta concentración de

óxido de silicio (SiO_2) y óxido de aluminio (Al_2O_3) entre otros; cabe mencionar, que una elevada dosis de materia silícea conlleva a una reacción química entre los materiales necesarios para la elaboración del concreto.

En la investigación de [9] analizaron la influencia de la diatomita en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm², obteniendo valores de resistencia a la compresión con sustitución de cemento por diatomita al 0%, 6%, 12%, 18% y 24% de 258.18 kg/cm², 273.51 kg/cm², 236.83 kg/cm², 177.82 kg/cm² y 141.99 kg/cm² respectivamente; de esta manera, consideraron que la sustitución de diatomita al 6% mejoró la resistencia un 5.84% respecto a la muestra patrón; en cambio, los porcentajes de 12%, 18% y 24% la resistencia disminuyó.

De igual modo, [10] realizó un estudio sobre la sustitución de cemento por diatomita en la producción de concreto $f'_c=210$ kg/cm²; en el cual, los valores de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de cemento por diatomita al 0%, 5%, 10% y 15% fueron de 255.71 kg/cm², 282.73 kg/cm², 257.46 kg/cm² y 220.78 kg/cm² respectivamente; razón por la cual, consideró que la sustitución de diatomita al 5% y 10% aumentaron la resistencia un 10.57% y 0.68% respecto a la muestra patrón.

Como implicancia teórica se fomenta la utilización de diatomita y caolín; de esta manera, brindar un mensaje a que nuevos investigadores puedan conocer, evaluar el estudio y al mismo tiempo crear nuevos aportes a la ingeniería civil. Además, como implicancia práctica se tuvo que los resultados demostraron que la adición de diatomita en porcentajes del 4% y el caolín al 4%, 8% y 12% aumentaron la resistencia del concreto, siendo ideal incorporar materiales nuevos en los diseños de mezcla. Por último, se tiene una implicancia social el uso de diatomita y caolín, ya que en determinados porcentajes se obtuvo mejoras en la resistencia; por lo cual, si se adopta en el sector de la construcción podría impulsar la demanda de estos materiales.

Se determinó la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con adición de diatomita y caolín; en la cual, el concreto con adición de diatomita al 4% y el concreto con adición de caolín al 4%, 8% y 12% mostraron una óptima resistencia a la compresión; en cambio, el concreto con adición de diatomita al 8% y 12% no presentaron una mejora en la resistencia a la compresión.

Se determinó las propiedades físicas de los agregados provenientes de la cantera “Bazán Contratistas S.R.L” en el distrito de Cajamarca; puesto que, el desarrollo de cada ensayo cumplió con el procedimiento estandarizado designado por la normatividad vigente.

Se realizó un diseño de mezcla por el método ACI Comité 211.1 para muestras patrón y muestras con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín para una resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm².

Se encontró que los valores de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² convencional a los 7,

14 y 28 días de curado fueron de 174.68 kg/cm², 213.59 kg/cm² y 247.44 kg/cm² respectivamente.

Se determinó los valores de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con adición del 4% de diatomita a los 7, 14 y 28 días fueron de 231.86 kg/cm², 275.95 kg/cm² y 320.49 kg/cm² respectivamente; asimismo, con adición del 8% de diatomita a los 7, 14 y 28 días se obtuvo una resistencia de 116.94 kg/cm², 137.40 kg/cm² y 180.32 kg/cm² respectivamente. Por último, la adición del 12% de diatomita a los 7, 14 y 28 días se obtuvo una resistencia de 73.28 kg/cm², 90.41 kg/cm² y 117.46 kg/cm² respectivamente. Sin embargo, los valores de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con adición del 4% de caolín a los 7, 14 y 28 días fueron de 210.25 kg/cm², 253.54 kg/cm² y 303.44 kg/cm² respectivamente; asimismo, con adición del 8% de caolín a los 7, 14 y 28 días se obtuvo una resistencia de 203.08 kg/cm², 247.38 kg/cm² y 299.65 kg/cm² respectivamente. Por último, la adición del 12% de caolín a los 7, 14 y 28 días se obtuvo una resistencia de 150.45 kg/cm², 194.94 kg/cm² y 247.91 kg/cm² respectivamente.

Se comparó los resultados de la resistencia a la compresión del concreto patrón vs el concreto con adición del 4%, 8% y 12% de diatomita y caolín a los 28 días de curado; en la cual, el concreto con adición de diatomita en porcentajes del 4% aumentó un 29.52%; en cambio, las adiciones de diatomita al 8% y 12% disminuyó su resistencia un 27.13% y 52.53% respectivamente, con relación al concreto patrón. No obstante, el concreto con adición de caolín en porcentajes del 4%, 8% y 12% aumentó la resistencia un 22.63%, 21.10% y 0.19% respectivamente, respecto al concreto de control.

Por otro lado, la durabilidad del concreto modificado es un factor importante para evaluar el comportamiento a largo plazo, teniendo criterios como la resistencia a ciclos de congelamiento y descongelamiento, absorción de agua y ataque químico; por lo cual, se recomienda realizar un diagnóstico de durabilidad con cada criterio antes mencionado.

REFERENCIAS

- [1] Vásquez Velásquez, E., & Neira Huamán, L. (2019). Uso de diatomita en el concreto $f'_c = 210$ Kg/cm² expuesto a sulfato para potenciar su resistencia mecánica, Moyobamba, 2019 [Tesis de grado]. Moyobamba - Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- [2] Pino Huanca, D., & Cáceres Pineda, F. (2021). Adición de arcilla calcinada al concreto estructural para mejorar propiedades físicas del concreto $F'C = 280$ y 350 kg/cm², en la provincia de Puno - 2021 [Tesis de grado]. Arequipa - Perú: Universidad Continental.
- [3] Serralde-Lealba, J., Hernández-Ávila, J., Cerecedo-Sáenz, E., Rosales-Ibáñez, R., Salinas-Rodríguez, E., & Barrientos-Hernández, F. (2021). Caracterización de la materia prima para la elaboración de un material de construcción utilizando diatomita y Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Padi, 213-221.
- [4] Estrada Cáceres, D. (2016). Influencia del metacaolín en las propiedades en estado fresco del cemento Portland: hidratación y retracción química [Tesis de grado]. Sao Paulo - Brasil: Escola Politécnica da Universidade de Sao Paulo.
- [5] Farfán Gutiérrez, R., & Peña Villafuerte, A. (2018). Análisis comparativo de propiedades físico-mecánicas del concreto respecto al concreto con diatomita de Arequipa y Cusco sustituyendo el agregado fino, Cusco 2018 [Tesis de grado]. Cusco - Perú: Universidad Andina del Cusco.

- [6] Valladares Briones, G. (2020). Efecto de arcilla blanca (caolín) como reemplazo de agregado fino en el concreto hidráulico [Tesis de grado]. Piura - Perú: Universidad de Piura.
- [7] Ordoñez Malaver, J. (2016). Influencia en la resistencia a la compresión axial al sustituir parcialmente cemento Portland tipo I por diatomita en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 2016 [Tesis de grado]. Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.
- [8] Acosta Solano, E. (2017). Influencia del caolín como reemplazo parcial del cemento en la resistencia a compresión axial del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ [Tesis de grado]. Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.
- [9] Lachira Sandoval, F., & Talledo Pintado, F. (2021). Análisis de las propiedades mecánicas del concreto de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ incorporando diatomita, Piura 2021 [Tesis de grado]. Piura - Perú: Universidad César Vallejo.
- [10] Velásquez Matos, J. (2019). "Producción de concreto con sustitución porcentual de diatomita por cemento portland tipo I en Nuevo Chimbote" [Tesis de grado]. Ancash - Perú: Universidad Nacional del Santa.
- [11] Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis. Bogotá - Colombia: Ediciones de la U.
- [12] Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- [13] Norma Técnica Peruana (NTP 339.183). (2013). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Lima - Perú: Dirección de Normalización - INACAL.
- [14] Comité ACI 211. (2002). Práctica estándar para seleccionar proporciones para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y en masa (ACI 211.1-91). Farmington Hills - Estados Unidos: American Concrete Institute.
- [15] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de materiales. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.