

Compression strength of concrete when using superplastifying additive, in lightweight slabs of self-built houses in the city of Cajamarca, Peru

Abstract– The research presents the results of the study carried out to determine the influence of a superplastifying additive on the compressive strength of structural concrete of self-built homes in the city of Cajamarca. The evaluation was carried out by comparing the sample of concrete prepared on site in the casting of lightened slabs of self-built homes as a standard sample, with the sample of concrete prepared by using the superplastifying additive in a dosage of 1% of the weight of the cement. Reducing the mixing water by 20% and maintaining the dosage of the other components of the concrete. The tests consisted of making standard cylindrical specimens of the concrete made in the casting of lightened slabs in 07 homes, determining the settlement in the fresh state, and then evaluating the compressive strength at the age of 28 days in the hardened state; and from the results, it was concluded that, when using superplasticizer additive, the compression resistance increases by 108.86% on average. And that the settlement varies by -9.25% on average, improving its workability. Concluding that the use of this superplastifying additive is an effective, economical and practical alternative solution to have more resistant concrete.

Keywords– Concrete, self-construction, compression resistance, superplastifying additive, workability

Resistencia a compresión del concreto al usar aditivo superplastificante, en los aligerados de viviendas autoconstruidas en la ciudad de Cajamarca, Perú

Hansel Leonardo Peralta Quiroz, Ing.¹; Miguel Angel, Mosqueira Moreno Dr.²;
Hermes Roberto Mosqueira Ramírez Dr.³;

¹ Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. hperaltaq_epg22@unc.edu.pe

² Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. mmosqueira@unc.edu.pe

³ Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. hmosqueira@unc.edu.pe

Resumen– En la investigación se expone los resultados del estudio realizado para determinar la influencia de un aditivo superplastificante en la resistencia a compresión del concreto estructural de viviendas autoconstruidas en la ciudad de Cajamarca. La evaluación se realizó comparando la muestra del concreto elaborado a pie de obra en los vaciados de losas aligeradas o aligerados de viviendas autoconstruidas como muestra patrón, con la muestra del concreto elaborado al usar un aditivo superplastificante en dosificación del 1% del peso del cemento, reduciendo el agua de mezcla en 20 % y manteniendo la dosificación de los demás componentes del concreto. Las pruebas consistieron en elaborar especímenes cilíndricos estándar del concreto elaborado en los vaciados de losas aligeradas en 07 viviendas, determinando el asentamiento en estado fresco, para luego evaluar la resistencia a compresión a la edad de 28 días en estado endurecido; y a partir de los resultados, se concluyó que, al usar aditivo superplastificante, la resistencia a compresión incrementa en 108.86% en promedio. Y que el asentamiento varía en un -9.25% en promedio, mejorando su trabajabilidad. Concluyendo que el uso de este aditivo superplastificante es una alternativa de solución efectiva, económica y práctica para tener concretos más resistentes.

Palabras clave: Concreto, autoconstrucción, resistencia a compresión, aditivo superplastificante, trabajabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este artículo está basado en la tesis “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1]

La investigación determinó en cuánto varía la resistencia a compresión y la trabajabilidad medida con el asentamiento, de concreto estructural elaborado en autoconstrucción de losas aligeradas de viviendas al usar aditivo superplastificante en

dosificación del 1%, reduciendo el agua de mezcla y manteniendo la dosificación de los agregados y del cemento [1]

Se estudió el concreto estructural de los aligerados o losas aligeradas de viviendas autoconstruidas, esta es una problemática que atraviesan los países latinoamericanos y como tal, el Perú, pues alrededor de un 80% de las viviendas son autoconstruidas, es decir, construidas sin el diseño, control y supervisión en los distintos procesos constructivos de profesionales o técnicos, por lo que este tipo de construcciones presentan varias deficiencias, entre las que se destaca una resistencia a compresión en el concreto estructural por debajo del mínimo demandado por normas técnicas, lo que no garantiza una durabilidad y vida útil para los fines esperados. [1] [2]

La propiedad más representativa del concreto es la resistencia a compresión, fundamental que ésta cumpla con las normativas, siendo el mínimo establecido en la NT E060 de 17 MPa. Resistencia que debe cumplir pues el concreto es uno de los componentes más importantes en estructuras de concreto armado, y según Pasquel, para ciudades como Lima, este concreto elaborado en autoconstrucción no supera el mínimo requerido. [3] [4]

La relación entre el agua y el cemento, conocida como relación agua-cemento, tiene una gran influencia en la resistencia a compresión del concreto y que disminuyendo esta relación se incrementará la resistencia a compresión dentro de valores determinados y acorde a la manejabilidad o consistencia esperada para el concreto. [5]

En el vaciado del concreto en las losas aligeradas en la ciudad de Cajamarca es común observar mezclas de concreto con elevados contenidos de agua, esto lo realizan en las construcciones informales con el fin de aumentar la manejabilidad en el proceso de colocación del concreto, provocando una relación agua-cemento elevada, lo que resulta en un asentamiento excesivo, con presencia de exudación y segregación en el concreto y una disminución de la resistencia a compresión.

Cajamarca es una zona altamente sísmica y lluviosa, y es común observar que en épocas de lluvia los aligerados de estas viviendas autoconstruidas suelen tener filtraciones de agua, esto conlleva a daños en la durabilidad del concreto y en la corrosión

Digital Object Identifier: (only for full paper, inserted by LACCEI.
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI.
DO NOT REMOVE

del acero, efecto que a largo plazo son perjudiciales para la vida útil de la vivienda. En Cajamarca alrededor del 80% de viviendas son autoconstruidas, y la resistencia del concreto no cumple con las normas vigentes, esto aunado a que el 65% de las viviendas presentan una vulnerabilidad sísmica alta, ante lo cual es indispensable cumplir con los parámetros mínimos recomendados por normas técnicas. [6]

Para obtener un concreto estructural que sea de calidad y cumpla al menos con los requerimientos mínimos de normas técnicas, existen alternativas de solución, tales como el uso de aditivos químicos, específicamente aditivos superplastificantes o reductores de agua de alto rango, estos incrementan la resistencia a la compresión al reducir el agua de mezcla y la relación agua-cemento, además de favorecer la trabajabilidad del concreto, en esta investigación se busca que al aplicar un aditivo superplastificante Tipo G que cumple con la norma ASTM C 494, reduciendo la cantidad de agua, la resistencia del concreto aumente considerablemente, sin elevar notablemente el costo de fabricación, pues esto permitirá tener viviendas más seguras y durables.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio tiene un diseño cuasiexperimental, porque se empleó un porcentaje de aditivo superplastificante en 1% en la mezcla de concreto como grupo experimental, y se consideró al concreto convencional (sin aditivo) como grupo experimental sin intervención, valorando de forma igualitaria ambos grupos, determinando la variación en la resistencia a compresión y trabajabilidad (esta medida por el asentamiento o slump). El método de investigación tiene enfoque cuantitativo, con el propósito de medir las variables del estudio a través de técnicas e instrumentos de normas.

I. Materiales:

- Agregado fino
- Agregado grueso
- Agregado global
- Cemento Tipo ICo y GU
- Agua
- Aditivo Superplastificante Sikament-290 N (Características técnicas del aditivo: Densidad 1.20 +/- 0.02 g/cm³, Apariencia / Color: líquido pardo oscuro, Dosificación como superplastificante: del 0,7 % - 1,2 % del peso del cemento, Vida útil: 1 año, se incorpora al agua de mezclado del concreto)

II. Tratamientos en estudio:

- Tratamiento 1: es el concreto patrón, son especímenes cilíndricos estándar de concreto estructural, sin modificar la dosificación original de cada obra.
- Tratamiento 2: es el concreto que tiene aditivo superplastificante en proporción de 1% del peso del cemento y la reducción de la cantidad de agua en un 20%

aproximadamente, manteniendo la proporción de los agregados y cantidad de cemento.

III. Muestra:

Se tuvo como población de estudio al concreto elaborado en vaciados de techo de autoconstrucción de 07 viviendas seleccionadas aleatoriamente en la ciudad de Cajamarca, de las cuales se tomaron un total de 84 especímenes cilíndricos estándar de concreto.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.034 [7], se considera un rango aceptable de resistencia de 2 o 3 cilindros individuales de 150 mm por 300 mm para una muestra de concreto bien elaborada bajo condiciones de obra, con un coeficiente de variación de 9.5% como máximo cuando se trata de la determinación del f'c de 3 especímenes de concreto. Se tomó la decisión de realizar la elaboración de 6 especímenes cilíndricos estándar por tratamiento en cada vivienda muestreada, para obtener una mayor confiabilidad del promedio de resistencia obtenido al tener una mayor cantidad de especímenes.

TABLA 1
Cantidad de especímenes estándar para ensayos de resistencia a compresión

N° Obra	Tipo de tratamiento		SUB TOTAL
	Patrón	1% dosificación aditivo superpl.	
01	6	6	12
02	6	6	12
03	6	6	12
04	6	6	12
05	6	6	12
06	6	6	12
07	6	6	12
TOTAL			84

Fuente: "Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla" del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].



Figura 1. Fotografías de la elaboración del concreto y vaciado en las losas aligeradas en autoconstrucción de viviendas en Cajamarca.



Figura 2. Fotografías de los agregados en obra, ensayo de asentamiento del concreto en obra y especímenes cilíndricos muestreados.

IV. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Para el análisis de los materiales empleados en cada vivienda y el ensayo de los especímenes de concreto se utilizaron las siguientes normas técnicas:

- A. Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037)
 - B. Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037)
 - C. Peso Específico y Absorción (%) (NTP 400.021)
 - D. Contenido de Humedad (%) (NTP 339.185)
 - E. Material más fino que pasa el tamiz N°200 (NTP 400.018)
 - F. Ensayo de abrasión (NTP 400.019)
 - G. Análisis granulométrico de agregado grueso (NTP 400.012)
 - H. Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183)
 - I. Ensayo normalizado para la resistencia a compresión del concreto, en muestras cilíndricas (NTP 339.034)
- V. Técnicas de recopilación y tratamiento de información:

En este estudio se utilizó un Check List para el recojo de datos en cada vivienda muestreada, con el objetivo de registrar información tal como el origen de los agregados, del cemento, el agua, la dosificación en cada construcción y la forma de mezclado y vibrado del concreto.

Se realizó el análisis de varianza y coeficiente de variación, mediante Hojas de Cálculo en Excel. Realizando el procesamiento de la información en el programa Microsoft Excel, este programa nos da gráficas de:

A. Gráfica de barras

La gráfica proporciona un resumen gráfico del promedio de las muestras para cada vivienda. Permitiendo comparar de manera simple la variación de la resistencia entre cada vivienda autoconstruida que forma parte del estudio.

B. Gráfica de líneas

Esta gráfica enseña los valores individuales en cada muestra, facilitando su comparación.

Contrastando los resultados estadísticos obtenidos, con la Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto [8]

TABLA 2
Estándares para el control del concreto para $f'c \leq 35$ MPa

Clase de operación	Desviación estándar para los diferentes estándares de control, (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Tandas de ensayo de laboratorio	Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6

Fuente: ACI 214-77 (2017) [8]

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los datos recogidos en los Check List y los ensayos de campo y laboratorio se muestran a continuación.

3.1. Información sobre los vaciados de techo muestreados

3.1.1. Tipo y origen de los agregados y cemento

TABLA 3
Tipo y origen de los agregados y Tipo de Cemento

N° Obra	Origen A. Fino	Origen A. Grueso	Tipo de Cemento
01	Río	Río	Tipo ICo
02	Río	Cerro	Tipo ICo
03	Hormigón	Hormigón	Tipo GU
04	Hormigón	Hormigón	Tipo ICo
05	Río	Cerro	Tipo ICo
06	Río	Río	Tipo ICo
07	Hormigón	Hormigón	Tipo GU

Fuente: "Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla" del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

En la tabla 3, se indica como "hormigón" de origen de cerro al agregado global, el cual es definido por la NTP 400.037 como un "material compuesto de agregado fino y agregado grueso cuya combinación produciría un concreto de máxima compacidad". [9].

3.1.2. Tipo de compactación, Tiempo de curado y Tiempo de desencofrado en obra

TABLA 4

Tipo de vibrado, Tiempo de curado y Tiempo de desencofrado en obra			
N° Obra	Tipo de Vibrado	Tiempo de Curado	Tiempo de Desencofrado
01	Varilla corrugada	7 días	28 días
02	Vibradora de concreto	4 días	21 días
03	Varilla corrugada	8 días	21 días
04	Vibradora de concreto	10 días	21 días
05	Varilla corrugada	5 días	28 días
06	Vibradora de concreto	8 días	23 días
07	Varilla corrugada	7 días	28 días

Fuente: “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

La **tabla 4**, muestra información respecto al proceso constructivo del vaciado de concreto en elementos estructurales como vigas y losas aligeradas, en donde cabe resaltar que en más de la mitad de los casos estudiados no se hace un vibrado apropiado del concreto, ya que solo usan una varilla corrugada de acero de 5/8 de pulgada como instrumento para vibrar y compactar el concreto; así mismo, el tiempo de curado en algunos casos no llega ni a los 7 días, que es el tiempo mínimo recomendado por el ACI 306R-10, además de que la forma de curado no es total ni permanente. [10].

3.1.3. Dosificación de materiales del concreto de cada vivienda muestreada

TABLA 5

Dosificación en volumen de obra de mezcla de concreto				
N° Obra	Para tanda de 01 bolsa de cemento (42.5 Kg)			
	A. Fino Vol. (20L)	A. Grueso Vol. (20L)	A. Global Vol. (20L)	Agua Vol. (20L)
01	4	4	-	1.3
02	4	4	-	2.3
03	-	-	8	2
04	-	-	8	2
05	4	4	-	2
06	4	3	-	1.5
07	-	-	8	2

Fuente: “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

3.2. Resultados del asentamiento del concreto

TABLA 6

N° Obra	Slump o asentamiento del concreto		
	Slump (cm-pulg.)	Slump con aditivo (cm-pulg.)	Variación (%)
01	25 – 9.8	22 – 8.7	-12.00
02	24 – 9.5	25 – 9.8	+4.17
03	26 – 10.2	21 – 8.3	-19.23
04	24 – 9.5	21 – 8.3	-12.50
05	26 – 10.2	23 – 9.1	-11.54
06	26 – 10.2	25 – 9.8	-3.85
07	23 – 9.1	22 – 8.7	-4.35
Promedio	25 – 9.8	23 – 9.0	-9.25

Fuente: “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

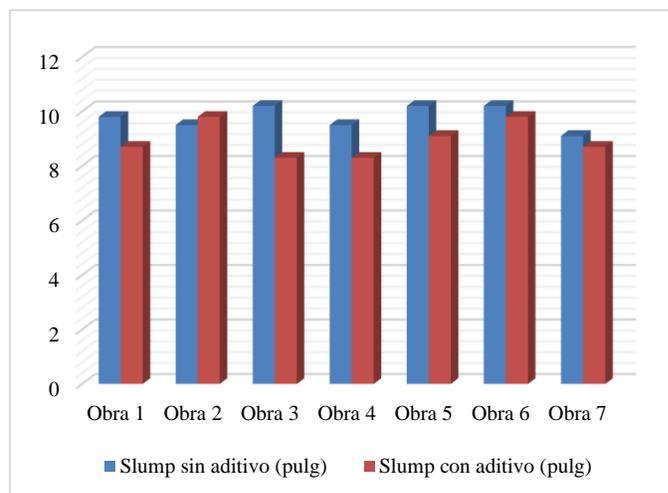


Figura 3. Gráfica de barras del asentamiento de concreto sin y con aditivo, adaptada de “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

En la **tabla 6** y la **figura 3**, se muestran los resultados del Ensayo de Cono de Abrams, en el que se midió el asentamiento o slump del concreto en estado fresco, determinando la variación del concreto patrón del concreto con aditivo, determinado que el concreto tiene una variación del orden del -9.25% en promedio, lo cual indica que el asentamiento ha disminuido; los resultados del slump son muy elevados, si bien el aditivo logró la disminución del asentamiento, esto también indica una mejora en la trabajabilidad tratándose de un asentamiento excesivo, lo cual indica una consistencia fluida.

3.3. Resultados de la resistencia a compresión del concreto

TABLA 7
Resistencia a compresión del concreto

N° de Obra	Resistencia Concreto Patrón (Kg/cm ²)	Resistencia Concreto con Aditivo (Kg/cm ²)	Variación (%)
01	131.35	270.94	+106.26
02	86.45	167.44	+93.68
03	114.62	215.71	+88.19
04	111.99	226.52	+102.26
05	91.90	214.33	+133.23
06	108.51	286.38	+163.93
07	99.40	173.06	+74.10
Promedio	106.32	222.05	+108.86

Fuente: “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

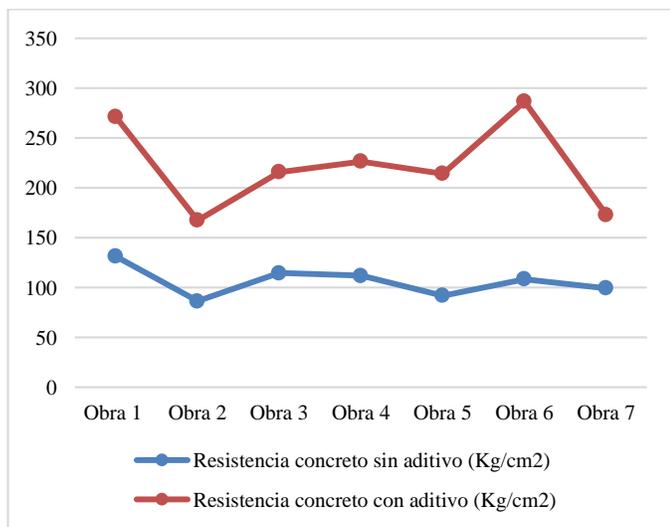


Figura 4. Gráfica de líneas de la resistencia a compresión del concreto sin y con aditivo superplastificante, adaptada de “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

En la **tabla 7** y la **figura 4** se muestran los resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto con aditivo superplastificante al 1%. En el total de las viviendas estudiadas se observa una variación positiva, es decir, en el 100% de los casos se obtuvo una mejora considerable en los resultados de la resistencia a compresión del concreto.

Cabe destacar que el promedio de la resistencia a compresión del concreto sin aditivo no supera el mínimo requerido para un concreto estructural según la NTE 030 que es

de 175 Kg/cm². Mientras que, al adicionar el aditivo, este supera el mínimo indicado en la norma técnica para concreto estructural, superando incluso la establecida para zonas sísmicas de 210 kg/cm². [3] [4].

3.3.1. Desviación estándar y coeficiente de variación de la resistencia a compresión

TABLA 8
Estadística de los promedios de la resistencia a compresión del concreto patrón

N° Obra	Rango Muestral	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
01	19.00	12.00	8.60%
02	21.55	8.12	9.40%
03	20.09	7.14	6.23%
04	18.48	7.87	7.03%
05	15.00	6.08	6.62%
06	14.96	5.41	4.99%
07	14.45	5.01	5.04%

Fuente: “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

TABLA 9
Estadística de los promedios de la resistencia a compresión del concreto con aditivo superplastificante

N° Obra	Rango Muestral	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
01	12.75	4.51	1.66%
02	7.33	2.85	1.70%
03	12.75	9.97	4.62%
04	15.26	4.51	2.80%
05	28.75	11.09	5.17%
06	43.93	16.47	5.75%
07	34.19	12.30	7.11%

Fuente: “Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

Al analizar la **tabla 8**, al comparar la desviación estándar respecto a los estándares de control para el concreto, tenemos que, en el total de las viviendas muestreadas, los resultados de laboratorio de la resistencia a la compresión tienen una desviación estándar menor que 14.1 por lo que se califica con una clasificación de confiabilidad de Excelente, según ACI 214-77 (2017)

A diferencia, en la **tabla 9**, obtenemos una desviación estándar en 6 de 7 viviendas menor que 14.1, que son Excelentes, mientras que la vivienda N°06 presenta una

desviación estándar entre 14.1 y 17.6, la cual se califica como Muy Buena., ACI 214-77 (2017).

En lo que respecta al coeficiente de variación de los resultados de la resistencia a compresión del concreto tenemos que, en la **tabla 8**, en el total de las viviendas el coeficiente de variación es inferior a 9.50%, encontrándose dentro del rango aceptable para la obtención de promedios. En la **tabla 8**, se observa que, de la misma forma, todos los coeficientes de variación no superan el valor de 9.50%, siendo entonces también aceptables para la obtención de los promedios según la NTP 339.034. [7]

Al comprobar mediante criterios de normas técnicas la desviación estándar y los coeficientes de variación de los promedios obtenidos, se concluye que los promedios son representativos. Por lo que la variación calculada en la **tabla 7**, donde en promedio indica que el concreto con aditivo superplastificante mejora la resistencia a compresión en un 108.86%; presenta una mejora considerable, por lo que el empleo de un aditivo superplastificante en el concreto elaborado en la autoconstrucción es una alternativa sumamente importante e interesante, además de que este aditivo es económico y fácil de usar, no presenta la necesidad de modificar las dosificaciones empíricas que usan los maestros de obra ni su forma de trabajo, solo se hace una reducción del agua de mezcla en aproximadamente un 20%.

IV. CONCLUSIONES

- Al emplear el aditivo superplastificante en proporción del 1% en el concreto elaborado en los aligerados de viviendas autoconstruidas en Cajamarca, se obtuvo en promedio para el tratamiento sin aditivo de 106.32 Kg/cm², mientras que con aditivo 222.05 Kg/cm², presentando un aumento de la resistencia a la compresión a los 28 días en 108.86%, concluyendo que el aditivo aumentó considerablemente la resistencia a compresión, reduciendo el agua de mezcla en 20%, superando a la resistencia mínima establecida por la NTE 060 de 21 MPA, para zonas sísmicas.
- Al emplear el aditivo superplastificante en proporción del 1% en el concreto elaborado en los aligerados de viviendas autoconstruidas en Cajamarca, se obtuvo en promedio en el tratamiento sin aditivo 25 cm o 9.8 pulgadas, mientras que con aditivo 23 cm o 9 pulgadas, presentando una disminución de la trabajabilidad en -9.25%, concluyendo que el aditivo mantuvo su trabajabilidad en una consistencia fluida mayor a 5 pulgadas, reduciendo el agua de mezcla en 20%, observando una menor exudación y segregación en la mezcla del concreto.
- Los valores de desviación estándar y coeficiente de variación para los promedios de la resistencia a compresión obtenidos para ambos tratamientos cumplen con lo recomendado por normas técnicas ACI 214-77 teniendo un nivel de confiabilidad de forma Excelente.
- El uso de aditivo superplastificante en la construcción de losas aligeradas en la ciudad de Cajamarca, es una alternativa de solución frente al elevado uso de agua en estas construcciones,

generando un concreto con condiciones de calidad aceptables, además de ser económico y fácil de emplear en obra.

- El costo al emplear este aditivo, es aproximadamente de S/5 o 1.36\$ por cada metro cuadrado de aligerado o losa aligerada construida en autoconstrucciones de la ciudad de Cajamarca, obteniendo una mejora con alta rentabilidad en cuanto a la resistencia y durabilidad del concreto estructural.

REFERENCIAS

- [1] H.L. Peralta Quiroz, "Variación de la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto elaborado en los vaciados de techo de autoconstrucción de viviendas en Cajamarca al incorporar aditivo superplastificante al 1% reduciendo el agua de mezcla", Tesis de grado de Título, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2023.
- [2] E. Pasquel, "Mitos y realidades del concreto informal en el Perú", presentado en la Convención Internacional del ACI Perú. Sheraton Lima Hotel & Convencion Center Paseo de La República, Lima, Perú, 2010.
- [3] "Norma E.060 Concreto armado", Reglamento Nacional de Edificaciones, SENCICO, Lima, Perú, 2020.
- [4] "Norma E.070 Albañilería", Reglamento Nacional de Edificaciones, SENCICO, Lima, Perú, 2020.
- [5] R. Solís-Carcano, E. I. Moreno, y C. Arcudia-Abad, "Estudio de la resistencia del concreto por el efecto combinado de la relación agua-cemento, la relación grava-arena y el origen de los agregados," Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, vol. 31, no. 3, pp. 213-224, 2008. ISSN: 0254-0770. [Online]. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702008000300002
- [6] J.E. Bazán Arbildo, "Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca", Tesis para optar el grado académico de Magister en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2007.
- [7] "Norma Técnica Peruana 339.034. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (4ta Ed.)", NTP 339.034 2015, INDECOPI, Lima, Perú, 2015.
- [8] American Concrete Institute (ACI). "Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto", ACI 214 RS-11, 2017.
- [9] "Norma Técnica Peruana 400.037. AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. (4ta Ed.)", NTP 400.037 2018, INDECOPI, Lima, Perú, 2018.
- [10] American Concrete Institute (ACI). "Guide to Cold Weather Concreting", ACI 306R-10, 2010.