

Variation of concrete compressive strength of $f'c$ 210 kg/cm² when incorporating abutments and spirals as transverse reinforcements in the region of Cajamarca-2022

Vera Estrada Bryan Jhonatan, Estudiante¹, Estacio Cabrera Cristhian Clisman, Estudiante², Huaricallo Vilca Yván, Doctor³, Romero Cueva Yoner Jaime, Doctor⁴, Sarabia Orihuela Carlos Alberto, Magister⁵

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00039153@upn.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, N00039063@upn.pe

³Universidad Privada del Norte, Perú, yvan.Huaricallo@upn.edu.pe

⁴Universidad Privada del Norte, Perú, yoner.romero@upn.edu.pe

⁵Universidad Privada del Norte, Perú, carlos.sarabia@upn.pe

The present investigation had as main objective to determine the variation of the compressive strength of concrete specimens of $f'c$ 210 kg/cm² when incorporating stirrups and spirals as transversal reinforcements in different distributions in the region of Cajamarca-2022. The methodology followed consists of an experimental design, in which 48 test tubes were made by curing times at 7, 14 and 28 days, having a total of 144 cylindrical witnesses. Follow ASTM C39 to evaluate the strength of cylindrical cores. As a result, it will be prolonged that the average resistance of the samples with spirals exceeds the values reached of the controls with stirrups, this in the three curing times, thus obtaining for the age of 7 days a maximum resistance of 209,263 kg/cm² with a spacing of 8.33 cm, for the age of 14 days, a resistance of 222.654 kg/cm² at a spacing of 6.25cm and at the age of 28 days a maximum resistance of 315.107 kg/cm² at a spacing of 5.00 cm, all of these at incorporate spirals. Thus, when comparing results, it was shown that the variation of the resistance of the specimens with the type of spiral reinforcement exceeded the controls reinforced with stirrups.

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

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

DO NOT REMOVE

Variación de la resistencia a compresión de concreto de $f'c$ 210 kg/cm² al incorporar estribos y espirales como refuerzos transversales en la región de Cajamarca – 2022.

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar la variación de la resistencia a compresión de especímenes de concreto de $f'c$ 210 kg/cm² al incorporar estribos y espirales como refuerzos transversales en diferentes distribuciones en la región de Cajamarca-2022. La metodología seguida consta de un diseño experimental, en la cual se elaboraron 48 probetas por tiempos de curado a 7, 14 y 28 días, teniendo un total de 144 testigos cilíndricos. Se siguió la norma ASTM C39 para evaluar la resistencia de los testigos cilíndricos. Como resultado, se determinó que la resistencia promedio de las muestras con espirales superan a los valores alcanzados de los testigos con estribos, esto en los tres tiempos de curados, obteniendo así para la edad de 7 días una resistencia máxima de 209.263 kg/cm² con un espaciamiento de 8.33 cm, para la edad de 14 días, una resistencia de 222.654 kg/cm² a un espaciamiento 6.25cm y a la edad de 28 días una resistencia máxima de 315.107 kg/cm² a un espaciamiento de 5.00 cm, todas estas al incorporar espirales. Así al comparar resultados se observó que la variación de la resistencia de las probetas con tipo de refuerzo en espiral supero a los testigos reforzados con estribos.

I. INTRODUCCIÓN

La importancia de la presente investigación se ve reflejada en la utilidad de los resultados para los constructores y entidades que trabajan en la ejecución de obras, pues conocerán cual es el tipo de refuerzo transversal que presenta mayor eficiencia en el efecto de confinamiento en estructuras de concreto armado (columnas). En el Perú, existen escasos trabajos de investigación respecto al comportamiento de estructuras de concreto armado bajo condiciones sísmicas; por ello, los diseños estructurales que se realizan siguen estrictamente los lineamientos del ACI-318[1] y la norma E.060[2], las cuales presentan supuestos que no predicen el verdadero comportamiento de los elementos bajo condiciones sísmicas, comprendiendo de esta manera la importancia de la investigación analizando el comportamiento real de las estructuras.[3]

Conociendo las propiedades mecánicas del hormigón confinado y no confinado; las propiedades mecánicas del refuerzo de acero, tomando en cuenta los factores de los diagramas de deformación; y el pandeo del acero longitudinal

contra la acción sísmica, se presentan los diagramas de momento de la curvatura de las secciones transversales de las columnas y muros, que permiten describir la naturaleza sísmica de los elementos estructurales considerados[4], [5].

Los resultados de este estudio muestran la determinación de posibles momentos máximos en columnas y muros de carga. Las columnas se procesan con secciones circulares y rectangulares, mediante la observación de las capacidades de corte en comparación con las capacidades de flexión de columnas cortas. Los resultados de las pruebas realizadas han demostrado que el daño por corte se produce antes de la flexión con base en la información recopilada y los modelos propuestos, se desarrollaron ocho casos de uso analítico[6],[7], [8]. Así como se presentaron modelos esfuerzo-deformación de hormigón confinado para elementos circulares y rectangulares, con carga estática o dinámica.

Además de lo expuesto en los párrafos precedentes,[9] las secciones de concreto poseen distintas clases de refuerzos transversales entre ellos los circulares y rectangulares; en tal sentido, se tiene un modelo de esfuerzo-deformación para concreto expuesto a compresión uniaxial y restringido por un refuerzo transversal. Se utilizó una sola ecuación para tensión-deformación y el modelo toma en cuenta la carga cíclica y tiene en cuenta los efectos de la velocidad de deformación; por lo tanto[10], el desarrollo del modelo analítico de tensión-deformación para concreto confinado anteriormente mencionado, sostiene las siguientes conclusiones: Los elementos de hormigón armado en compresión axial se pueden confinar mediante el uso de acero transversal para mejorar la resistencia y la ductilidad del elemento. Para una configuración de refuerzo transversal particular, las tensiones de confinamiento efectivas $f'lx$ y $f'ly$ en las direcciones x e y se pueden calcular a partir del refuerzo transversal y un coeficiente de efectividad de confinamiento que define el área del núcleo de concreto efectivamente confinada teniendo en cuenta la curvatura entre los anillos transversales y las barras longitudinales.

Por último, la investigación llega a otra conclusión importante indicando que la deformación última por compresión del hormigón en una sección, definida como la deformación unitaria en la que se produce la primera rotura circunferencial, puede determinarse graficando el trabajo

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

realizado sobre el hormigón confinado y el acero longitudinalmente durante la deformación por compresión. En este enfoque de balance de energía, cuando el trabajo realizado excede la energía de deformación disponible del acero transversal, ocurre una falla circular y se puede considerar que la sección ha alcanzado su deformación máxima[9].

Por lo antes expuesto, la investigación se plantea en la siguiente pregunta ¿Cuál es el tipo de refuerzo transversal que presenta mayor resistencia a compresión en especímenes de concreto de $f'c$ 210 kg/ cm² incorporando estribos y espirales para la construcción de obras civiles en la región de Cajamarca? De este modo, se tuvo como propósito determinar el tipo de refuerzo transversal que presenta mayor resistencia a compresión analizando la variación de la misma en especímenes de concreto de $f'c$ 210 kg/cm² en la región de Cajamarca 2022. Además, se determinó la incidencia de ambos tipos de refuerzo transversales en el comportamiento de las estructuras de concreto de $f'c$ 210 kg/cm², incorporando estribos y espirales con tres distribuciones del acero (5.00 cm, 6.25 cm y 8.33 cm); por último, se determinó el tipo de falla que predomina en los especímenes al ser sometidos al ensayo de compresión correspondiente[11].

La información presentada da lugar a la siguiente hipótesis: La utilización de refuerzos en espiral o zunchos presenta un efecto de confinamiento de mayor eficiencia en comparación al uso de estribos como refuerzos transversales en especímenes de concreto de $f'c$ 210 kg/cm² en la construcción de obras civiles en la región de Cajamarca 2022. Presentando así una mayor resistencia a compresión los especímenes de concreto reforzados con espirales[12],[13], [14]

II. METODOLOGÍA

Según el enfoque la investigación es cuantitativa, se utilizó la recopilación de datos para probar la hipótesis basada en mediciones numéricas y análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar la teoría.[15] Por otra parte, el diseño de la investigación fue experimental [16] ya que implicó la manipulación de una variable experimental no probada bajo condiciones estrictamente controladas para documentar como o porque ocurre una determinada situación o fenómeno, siendo necesario obtener datos bibliográficos que justifiquen los distintos aspectos de la investigación, como la comparación del comportamiento de las estructuras según la incorporación de cada tipo de refuerzo transversal existente lo cual, luego de una serie de experimentos, permitió determinar la resistencia a compresión de los especímenes de concreto, para posteriormente contrastar con la hipótesis planteada.

Referente a la muestra [4] es una parte de la población de estudio que debe ser definida y delimitada con precisión, ya que esta debe ser la representación estadística de la población, ya que los resultados obtenidos de la muestra generalicen a la población.

Para la investigación, según indica la NTP 339.036 el tamaño de muestra para un ensayo de resistencia se debe contar con un mínimo 28 L (6 probetas), razón por el cual se elaboró un total de 144 probetas, ver tabla I. Siendo 48 probetas para cada tiempo de curado (7, 14, 28 días), respetando así el mínimo establecido por la norma con un margen de dos muestras por cada medida de distribución del acero.

TABLA I. TOMA DE MUESTRA.

N° de probetas.			
Distribución (cm)	N° de probetas	Tiempo de curado (7, 14 y 28 días)	Subtotal
1° medida: 8.30	16	3	48
2° medida: 6.25	16	3	48
3° medida: 5.00	16	3	48
TOTAL			144

La recolección de datos se realizó en varias etapas, identificando a la primera fase como la determinación de las especificaciones técnicas a seguir durante el desarrollo de la investigación. Para esto, se tuvo como especificaciones más importantes en primer lugar al reconocimiento de agregados de la cantera “Hermanos Alaya” en la ciudad de Cajamarca. Para el agregado fino se utilizará arena de río lavada y agregado grueso piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ". En segundo lugar, el cemento utilizado fue portland tipo 1 “Pacasmayo Tipo-I” el cual esta normalizado por la NTP 334.090 / ASTM C595. El acero usado como refuerzos transversales fue el numero 2 (D= $\frac{1}{4}$ " o 6.4 mm). De este modo, se siguió un diseño de mezcla tradicional como indica la norma ACI 211 alcanzando la mezcla adecuada de especímenes para una resistencia de 210 kg/ cm². Por otra parte, respecto a la elaboración de los especímenes los moldes que se emplearon fueron de material metálico tal como lo indica en la norma ASTM C470; se siguieron también los lineamientos de la norma ACI318 cumpliendo con las dimensiones de 6"x12" y el diámetro mayor igual de 3 TMN del agregado grueso.

En la segunda fase se abarcaron los diseños y ensayos de acuerdo con los procedimientos técnicos y normativos establecidos, siguiendo el cronograma del proyecto de investigación, se realizó la ejecución de los ensayos de resistencia a compresión, donde el método de ensayo empleado fue: “Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto” bajo la norma ASTM C39/C39M-20, este método aplica una carga de compresión axial al espécimen a una velocidad de un rango especificado hasta que ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta se calculó dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo dentro del área de la sección transversal del espécimen. Además, se utilizó a las edades de los ensayos brindados en la norma ASTM C39[17] como se indica en la tabla 2, teniendo en cuenta que la edad de ensayo inicia en el momento de elaboración de los especímenes.

TABLA II EDADES DE ENSAYOS Y TOLERANCIAS ADMISIBLES.

Edades de ensayos y tolerancias admisibles	
Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	±0.5 horas
3 días	±2 horas
7 días	±6 horas
28 días	±20 horas
90 días	±2 horas

Para la velocidad de carga tuvo que ser continua y sin impacto y esta debe ser mantenida al menos durante la mitad de la fase de carga prevista, además no se tiene que hacer ajustes de movimientos cuando está siendo alcanzada su carga última y la velocidad debe crecer debido a la fisuración en el espécimen como lo indica la norma ASTM C39[17].

Como aspectos éticos, en el presente trabajo se está citando las fuentes, evitando el plagio y respetando debidamente los derechos de autor sobre la base del principio de justicia, además la información recolectada se utilizó únicamente con fines académicos, amparado en el método científico y sin dejar de lado los valores de todo investigador atendiendo al principio de no maleficencia; asimismo, todos los resultados que se presentan están determinados sin alterar datos reales en el proceso experimental, asegurando la no existencia de algún conflicto de intereses.

III. RESULTADOS

Se presentan los principales resultados de esta investigación.

A. Ensayos a compresión bajo la norma ASTM C39/C39M-20

Para los ensayos de resistencia a la compresión fueron realizados para las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente. Primero, se determinó el tipo de refuerzo transversal (estribo o espiral) que presenta mayor resistencia a compresión en especímenes de concreto de $f'c$ 210 kg/cm², obteniendo los resultados mostrados en las siguientes tablas:

En la **tabla III** se presenta la resistencia a compresión alcanzada en kg/cm² de las probetas curadas a 7 días, destaca la resistencia promedio por cada medida de distribución (5.00 cm, 6.25cm y 8.30 cm). Se observa que los zunchos o espirales, presentan mayor resistencia a la compresión y específicamente en el espaciamiento de 8.30 cm, se obtuvo la mayor resistencia promedio con un valor de 209.263 kg/cm², en comparación al valor de 126.291 kg/cm² que fue el valor alcanzado por los estribos

TABLA III RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE TESTIGOS CURADOS A 7 DÍAS EN EL LABORATORIO.

Distribución del refuerzo	Código de probeta	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	R. Promedio (Kg/cm ²)
5.00 cm Estribos	5E - 1	15.220	181.936	31696	174.215	156.935
	5E - 2	15.210	181.697	28783	158.412	
	5E - 3	15.090	178.842	26456	147.930	
	5E - 4	15.120	179.553	26427	147.182	
	5E - 5	15.220	181.936	31696	174.215	
	5E - 6	15.210	181.697	28783	158.412	
	5E - 7	15.090	178.842	26456	147.930	
	5E - 8	15.120	179.553	26427	147.182	
5.00 cm Zunchos	5Z - 1	15.150	180.267	37834	209.878	199.789
	5Z - 2	15.310	184.094	32770	178.007	
	5Z - 3	15.210	181.697	30755	169.265	
	5Z - 4	15.010	176.950	42823	242.006	
	5Z - 5	15.150	180.267	37834	209.878	
	5Z - 6	15.310	184.094	32770	178.007	
	5Z - 7	15.210	181.697	30755	169.265	
	5Z - 8	15.010	176.950	42823	242.006	
6.25 cm Estribos	6E - 1	15.280	183.374	24805	135.270	178.723
	6E - 2	15.26	182.894	27965	152.903	
	6E - 3	15.120	179.553	39855	222.775	
	6E - 4	15.150	180.267	36764	203.942	
	6E - 5	15.280	183.374	24805	135.270	
	6E - 6	15.26	182.894	27965	152.903	
	6E - 7	15.120	179.553	39855	222.775	
	6E - 8	15.150	180.267	36764	203.942	
6.25 cm Zunchos	6Z - 1	15.16	180.505	33045	183.070	199.545
	6Z - 2	15.12	179.553	34229	190.634	
	6Z - 3	15.04	177.658	36313	204.398	
	6Z - 4	15.07	178.368	39255	220.079	
	6Z - 5	15.16	180.505	33045	183.070	
	6Z - 6	15.12	179.553	34229	190.634	
	6Z - 7	15.04	177.658	36313	204.398	
	6Z - 8	15.07	178.368	39255	220.079	
8.30 cm Estribos	8E - 1	15.22	181.936	25034	137.598	126.291
	8E - 2	15.23	182.175	22177	121.734	
	8E - 3	15.21	181.697	25676	141.312	
	8E - 4	15.170	180.743	18891	104.519	
	8E - 5	15.22	181.936	25034	137.598	
	8E - 6	15.23	182.175	22177	121.734	
	8E - 7	15.21	181.697	25676	141.312	
	8E - 8	15.170	180.743	18891	104.519	
8.30 cm Zunchos	8Z - 1	15.09	178.842	38100	213.038	209.263
	8Z - 2	15.17	180.743	32335	178.901	
	8Z - 3	15.11	179.316	42562	237.358	
	8Z - 4	15.14	180.029	37402	207.756	
	8Z - 5	15.09	178.842	38100	213.038	
	8Z - 6	15.17	180.743	32335	178.901	
	8Z - 7	15.11	179.316	42562	237.358	
	8Z - 8	15.14	180.029	37402	207.756	

En la **tabla IV** se presentan las resistencias promedio a compresión en kg/cm² de las probetas curadas a 14 días, teniendo en cuenta cada medida de distribución (5.00 cm, 6.25cm y 8.30 cm). Nuevamente los zunchos presentan mayor resistencia a la compresión, en esta ocasión el espaciamiento de 6.25 cm, obtuvo la mayor resistencia promedio con un valor de

222.654 kg/cm², en comparación al valor de 186.657 kg/cm² que fue el valor alcanzado por los estribos.

TABLA IV. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CURADOS A 14 DÍAS EN EL LABORATORIO.

Distribución del refuerzo	Código de probeta	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	R. Promedio (Kg/cm ²)
5.00 cm Estribos	5E - 1	15.080	178.605	26726	149.638	165.867
	5E - 2	15.110	179.316	30948	172.589	
	5E - 3	15.220	181.936	30749	169.010	
	5E - 4	15.010	176.950	30476	172.229	
	5E - 5	15.080	178.605	26726	149.638	
	5E - 6	15.110	179.316	30948	172.589	
	5E - 7	15.220	181.936	30749	169.010	
	5E - 8	15.010	176.950	30476	172.229	
5.00 cm Zunchos	5Z - 1	15.230	182.175	34022	184.585	174.064
	5Z - 2	15.310	184.094	33981	166.671	
	5Z - 3	15.158	180.457	30077	166.671	
	5Z - 4	15.118	179.506	32011	178.328	
	5Z - 5	15.230	182.175	34022	184.585	
	5Z - 6	15.310	184.094	33981	166.671	
	5Z - 7	15.158	180.457	30077	166.671	
	5Z - 8	15.118	179.506	32011	178.328	
6.25 cm Estribos	6E - 1	15.396	186.168	38829	209.488	186.657
	6E - 2	15.290	183.614	25441	141.602	
	6E - 3	15.270	183.134	36178	197.550	
	6E - 4	15.330	184.576	36544	197.989	
	6E - 5	15.396	186.168	38829	209.488	
	6E - 6	15.290	183.614	25441	141.602	
	6E - 7	15.270	183.134	36178	197.550	
	6E - 8	15.330	184.576	36544	197.989	
6.25 cm Zunchos	6Z - 1	15.160	180.505	38182	211.529	222.654
	6Z - 2	15.138	179.981	40891	227.196	
	6Z - 3	14.990	176.479	40359	232.322	
	6Z - 4	15.230	182.175	39255	219.569	
	6Z - 5	15.160	180.505	38182	211.529	
	6Z - 6	15.138	179.981	40891	227.196	
	6Z - 7	14.990	176.479	40359	232.322	
	6Z - 8	15.230	182.175	39255	219.569	
8.30 cm Estribos	8E - 1	15.128	179.743	38277	212.954	209.175
	8E - 2	15.250	182.654	33060	180.998	
	8E - 3	15.120	179.553	36228	206.067	
	8E - 4	15.290	183.614	39255	236.682	
	8E - 5	15.128	179.743	38277	212.954	
	8E - 6	15.250	182.654	33060	180.998	
	8E - 7	15.120	179.553	36228	206.067	
	8E - 8	15.290	183.614	39255	236.682	
8.30 cm Zunchos	8Z - 1	15.160	180.505	42981	238.116	220.409
	8Z - 2	15.010	176.950	42496	243.006	
	8Z - 3	15.110	179.316	34214	195.186	
	8Z - 4	15.412	186.555	38305	205.328	
	8Z - 5	15.160	180.505	42981	238.116	
	8Z - 6	15.010	176.950	42496	243.006	
	8Z - 7	15.110	179.316	34214	195.186	
	8Z - 8	15.412	186.555	38305	205.328	

En la **tabla V**, se presentan los resultados a un curado de 28 días, donde se alcanzó la resistencia a compresión esperada. Asimismo, vemos que, a mayor tiempo de curado, la resistencia promedio de cada distribución de las espirales continúa siendo mayor en comparación al uso de estribos. Por último, en esta última ronda de ensayos tenemos como máxima resistencia en la separación de espirales a 5.00 cm, obteniendo un valor de 315.107 kg/cm². Esta resistencia es la mayor alcanzada de todas las roturas hechas en el laboratorio.

TABLA V. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CURADOS A 28 DÍAS EN EL LABORATORIO

Distribución del refuerzo	Código de probeta	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	R. Promedio (Kg/cm ²)
5.00 cm Estribos	5E - 1	15.190	181.220	51832	286.017	220.847
	5E - 2	15.236	182.319	43085	236.317	
	5E - 3	15.236	182.319	33760	185.170	
	5E - 4	15.220	181.936	31143	175.886	
	5E - 5	15.190	181.220	51832	286.017	
	5E - 6	15.236	182.319	43085	236.317	
	5E - 7	15.236	182.319	33760	185.170	
	5E - 8	15.220	181.936	31143	175.886	
5.00 cm Zunchos	5Z - 1	15.230	182.175	58297	320.005	315.107
	5Z - 2	15.310	184.094	59245	321.819	
	5Z - 3	15.158	180.457	55190	305.835	
	5Z - 4	15.118	179.506	56144	312.770	
	5Z - 5	15.230	182.175	58297	320.005	
	5Z - 6	15.310	184.094	59245	321.819	
	5Z - 7	15.158	180.457	55190	305.835	
	5Z - 8	15.118	179.506	56144	312.770	
6.25 cm Estribos	6E - 1	15.396	186.168	32709	175.696	188.632
	6E - 2	15.290	183.614	39077	212.822	
	6E - 3	15.270	183.134	36486	197.550	
	6E - 4	15.330	183.134	31094	168.462	
	6E - 5	15.396	186.168	32709	175.696	
	6E - 6	15.290	183.614	39077	212.822	
	6E - 7	15.270	183.134	36486	197.550	
	6E - 8	15.330	183.134	31094	168.462	
6.25 cm Zunchos	6Z - 1	15.210	181.697	28329	155.913	233.320
	6Z - 2	15.060	178.131	45178	253.622	
	6Z - 3	15.080	178.605	50039	280.166	
	6Z - 4	15.230	182.175	44374	243.578	
	6Z - 5	15.210	181.697	28329	155.913	
	6Z - 6	15.060	178.131	45178	253.622	
	6Z - 7	15.080	178.605	50039	280.166	
	6Z - 8	15.230	182.175	44374	243.578	
8.30 cm Estribos	8E - 1	15.080	178.605	42468	237.777	222.155
	8E - 2	15.110	179.316	42788	238.618	
	8E - 3	15.090	178.842	43130	241.163	
	8E - 4	15.190	181.220	30286	171.063	
	8E - 5	15.080	178.605	42468	237.777	
	8E - 6	15.110	179.316	42788	238.618	
	8E - 7	15.090	178.842	43130	241.163	
	8E - 8	15.190	181.220	30286	171.063	
8.30 cm Zunchos	8Z - 1	15.080	178.605	51642	173.310	226.775
	8Z - 2	15.040	177.658	30790	173.310	
	8Z - 3	15.010	176.950	49064	277.276	
	8Z - 4	15.290	183.614	49064	283.203	

8Z - 5	15.080	178.605	51642	173.310
8Z - 6	15.040	177.658	30790	173.310
8Z - 7	15.010	176.950	49064	277.276
8Z - 8	15.290	183.614	49064	283.203

Para determinar la incidencia del tipo de refuerzo transversal en el comportamiento de las estructuras de concreto de $f'c$ 210 kg/cm² incorporando estribos y espirales con tres distribuciones del acero (5.00 cm, 6.25 cm y 8.33 cm) se tuvieron los siguientes resultados:

Para la edad de 7 días de curado, los resultados de los ensayos fueron los siguientes:

Anteriormente, la **tabla 3** muestra la comparación de la resistencia promedio a compresión de las probetas a la edad de 7 días. En la primera y segunda fila el espaciamiento es de 5.00 cm entre refuerzos, el valor de la resistencia promedio de 156.935 kg/cm² de la primera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 199.789 kg/cm² de la segunda fila corresponde a los zunchos (espirales). Luego, en la tercera y cuarta fila el espaciamiento cambia a 6.25 cm, el valor de la resistencia promedio de 178.723 kg/cm² de la tercera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 199.545 kg/cm² de la cuarta fila corresponde a los zunchos. Por último, en la quinta y sexta fila el espaciamiento es de 8.30 cm, el valor de la resistencia promedio de 126.291 kg/cm² de la quinta fila fue obtenida por los estribos y el valor de 209.263 kg/cm² de la sexta corresponde a los zunchos. En conclusión, la resistencia promedio de las muestras con espirales son superiores a las que contienen estribos en las 3 distribuciones del acero de dichos refuerzos transversales.

Por otra parte, respecto a las cargas axiales promedio en la **TABLA VI**, se muestran las que soportan las probetas a la misma edad de 7 días. En la primera y segunda columna el espaciamiento es de 5.00 cm entre refuerzos, el valor de carga promedio de 28340.50 kg de la primera columna fue obtenida por los estribos y el valor de 36045.50 kg de la segunda columna corresponde a los zunchos (espirales). Luego, en la tercera y cuarta columna el espaciamiento cambia a 6.25 cm, el valor de la carga promedio de 32347.250 kg de la tercera columna fue obtenida por los estribos y el valor de 35710.50 kg de la cuarta columna corresponde a los zunchos. Por último, en la quinta y sexta columna el espaciamiento es de 8.30 cm, el valor de la carga promedio de 22944.50 kg de la quinta columna fue obtenida por los estribos y el valor de 37599.750 kg de la sexta columna corresponde a los zunchos.

TABLA VI. PROMEDIO DE CARGAS A LOS 7 DÍAS

PROMEDIO DE CARGA	
ESPACIAMIENTO	CARGA
5.00 cm - Estribos	28340.500
5.00 cm - Zunchos	36045.500
6.25 cm - Estribos	32347.250
6.25 cm - Zunchos	35710.500

8.33 cm - Estribos	22944.500
8.33 cm - Zunchos	37599.750

Para la edad de 14 días de curado, los resultados de los ensayos son los siguientes:

En la **TABLA IV**, se mostró la comparación de la resistencia promedio a compresión de las probetas a la edad de 14 días. En la primera y segunda fila el espaciamiento es de 5.00 cm entre refuerzos, el valor de la resistencia promedio de 165.867 kg/cm² de la fila columna fue obtenida por los estribos y el valor de 174.064 kg/cm² de la segunda fila corresponde a los zunchos (espirales). Luego, en la tercera y cuarta fila el espaciamiento cambia a 6.25 cm, el valor de la resistencia promedio de 186.657 kg/cm² de la tercera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 222.654 kg/cm² de la cuarta corresponde a los zunchos. Por último, en la quinta y sexta fila el espaciamiento es de 8.30 cm, el valor de la resistencia promedio de 209.175 kg/cm² de la quinta fila fue obtenida por los estribos y el valor de 220.409 kg/cm² de la sexta corresponde a los zunchos. Aquí también la resistencia promedio de las muestras con espirales son superiores a las que contienen estribos para las 3 distribuciones del acero de dichos refuerzos transversales.

Asimismo, en la **TABLA VII**, se muestran las cargas axiales promedio que soportan las probetas a la edad de 14 días. En la primera y segunda fila el espaciamiento es de 5.00 cm entre refuerzos, el valor de carga promedio de 29724.750 kg de la primera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 32522.750 kg de la segunda fila corresponde a los zunchos (espirales). Luego, en la tercera y cuarta fila el espaciamiento cambia a 6.25 cm, el valor de la carga promedio de 34248.000 kg de la tercera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 39671.750 kg de la cuarta fila corresponde a los zunchos. Por último, en la quinta y sexta fila el espaciamiento es de 8.30 cm, el valor de la carga promedio de 36705.00 kg de la quinta fila fue obtenida por los estribos y el valor de 39499.00 kg de la sexta columna corresponde a los zunchos.

TABLA VII. Promedio de cargas a los 14 días

PROMEDIO DE CARGA	
ESPACIAMIENTO	CARGA
5.00 cm - Estribos	29724.750
5.00 cm - Zunchos	32522.750
6.25 cm - Estribos	34248.000
6.25 cm - Zunchos	39671.750
8.33 cm - Estribos	36705.000
8.33 cm - Zunchos	39499.000

Para la edad de 28 días de curado, los resultados de los ensayos son los siguientes:

En la **TABLA V**, se mostró la comparación de la resistencia promedio a compresión de las probetas a la edad de 28 días. En la primera y segunda fila el espaciamiento es de 5.00 cm entre

refuerzos, el valor de la resistencia promedio de 220.847 kg/cm² de la primera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 315.107 kg/cm² de la segunda fila corresponde a los zunchos (espirales). Luego, en la tercera y cuarta fila el espaciamiento cambia a 6.25 cm, el valor de la resistencia promedio de 188.632 kg/cm² de la tercera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 233.320 kg/cm² de la cuarta corresponde a los zunchos. Por último, en la quinta y sexta fila el espaciamiento es de 8.30 cm, el valor de la resistencia promedio de 222.155 kg/cm² de la quinta fila fue obtenida por los estribos y el valor de 226.775 kg/cm² de la sexta corresponde a los zunchos.

Se observó nuevamente que la resistencia promedio de las muestras con espirales es superior a las que contienen estribos para las 3 distribuciones del acero de dichos refuerzos transversales. Dando respuesta al objetivo planteado, donde la resistencia promedio de las muestras con espirales son superiores a las que contienen estribos en todos los tiempos de curado.

Para este mismo tiempo de curado, en la **TABLA VII**, se muestran las cargas axiales promedio que soportan las probetas. En la primera y segunda columna el espaciamiento es de 5.00 cm entre refuerzos, el valor de carga promedio de 39955.00 kg de la primera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 57219.00 kg de la segunda fila corresponde a los zunchos (espirales). Luego, en la tercera y cuarta fila el espaciamiento cambia a 6.25 cm, el valor de la carga promedio de 34248.000 kg de la tercera fila fue obtenida por los estribos y el valor de 39671.750 kg de la cuarta fila corresponde a los zunchos. Por último, en la quinta y sexta fila el espaciamiento es de 8.30 cm, el valor de la carga promedio de 36705.00 kg de la quinta fila fue obtenida por los estribos y el valor de 39499.00 kg de la sexta fila corresponde a los zunchos.

TABLA VIII. Promedio de cargas a los 28 días

PROMEDIO DE CARGA	
ESPACIAMIENTO	CARGA
5.00 cm - Estribos	39955.000
5.00 cm - Zunchos	57219.000
6.25 cm - Estribos	34248.000
6.25 cm - Zunchos	39671.750
8.33 cm - Estribos	36705.000
8.33 cm - Zunchos	39499.000

Respecto al tercer objetivo, se determinó el tipo de falla que predomina en especímenes de concreto de f'c 210 kg/cm² con refuerzos transversales al ser sometidos a compresión en la región de Cajamarca, los resultados se muestran a continuación:

La **figura 1**, hace referencia a la norma ASTM-C39, la cual indica que al aplicar la carga de compresión a nuestros especímenes progresivamente, estos mostrarán una fractura definida, y esta es evaluada con los tipos de fracturas más comunes que brinda la norma ASTM. En el desarrollo de la investigación, se observó que las rupturas de probetas se

inclinan hacia el tipo 5 y tipo 6, reflejadas en la figura extraída de la normativa C39 que rige los ensayos a compresión.

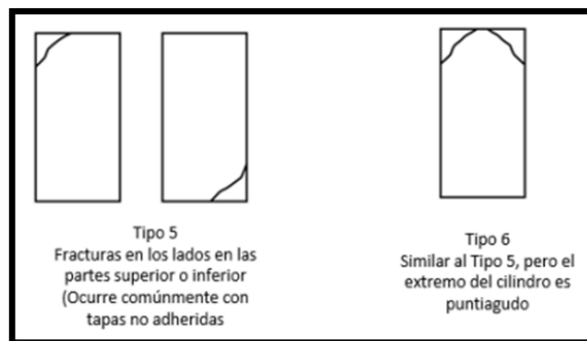


Figura. 1 fisuras típicas de testigos a compresión.

En la **figura 2**, se presentan las fallas que predominan en los ensayos propios realizados tanto para los curados de 7, 14 y 28 días. Siendo fallas del tipo 5 y 6 al hacer la comparación con los tipos de falla de la norma ASTM-C39[17], identificando roturas en los lados de las partes superiores e inferiores u otra característica que también es común observar, es que el extremo del cilindro falla de forma puntiaguda.



Figura. 2 fisuras típicas de los ensayos en laboratorio.

IV. DISCUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos con relación al primer objetivo que es determinar el tipo de refuerzo transversal que presenta mayor resistencia a compresión para especímenes de concreto de f'c 210 kg/cm² en la región de Cajamarca 2022, teniendo como antecedente a [7], en su investigación realizó la comparación con simulaciones de columnas a escala reducida, determinando en el proceso de falla que la muestra de sección circular (zunchada) soportó una carga máxima superior con respecto a la reforzada con estribos. Teniendo como resultado promedio una carga última de 120.95 KN para la muestra con espirales y una carga de 110.81 KN para la muestra con estribos como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA IX. COMPARACIÓN DE CARGAS DEL ANTECEDENTE Y ESTUDIO PROPIO

PROMEDIO DE CARGAS MAXIMAS (28 DIAS)			
Refuerzo transversal	ANTECEDENTES		ESTUDIO PROPIO
	Col. Escala	Testigos	Distrib. a 5.00cm
ESTRIBOS	110.81 KN	89.14 KN	39955.00 kg
ZUNCHOS	120.95 KN	101.92 KN	57219.00 kg

Analizando la **TABLA IX**, se observa que las cargas últimas mayores también son de las probetas reforzadas con espirales ensayadas a 28 días de curado, teniendo la primera distribución (5cm) las cargas máximas promedio de 39955.00 kg para las muestras con estribos y 57219.00 kg para las muestras con espirales. En consecuencia, se presenta una equivalencia en los resultados revisados del antecedente y los resultados obtenidos en esta investigación.

Para determinar la incidencia del tipo de refuerzo transversal en el comportamiento de concreto de f_c 210 kg/cm², incorporando estribos y espirales con tres distribuciones del acero (5.00 cm, 6.25 cm y 8.33 cm). Teniendo como antecedente a [8], luego de alcanzar la carga máxima, se da el desprendimiento del recubrimiento por la fluencia del refuerzo transversal. Con el fin de analizar el comportamiento, se seleccionó 7 especímenes representativos, normalizando los resultados a una misma resistencia máxima y a un mismo tiempo en alcanzarla, debido a que cada espécimen alcanzó su carga máxima en distintas magnitudes y tiempo, por lo que se adoptó como patrón una resistencia de compresión axial (175 Kg/cm²) y un tiempo de 420 segundos a una velocidad de 10 ton/min, obteniendo los siguientes resultados:

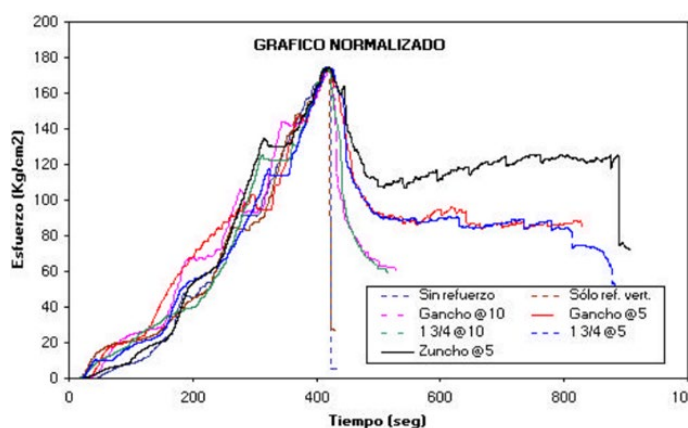


Figura. 3 gráfico normalizado de muestras del antecedente.

En la **figura 3**, se observa que el zunchos constituye mejor confinamiento, con una buena retención de la carga, siendo el zunchado a 5 cm notoriamente superior. En esta investigación se comprueba que, las probetas con refuerzos en espiral

presentan las mayores cargas últimas en el ensayo de resistencia a compresión, en comparación al uso de estribos, esto se debe a que la espiral tiene un mejor comportamiento ya que le brinda mayor confinamiento a la columna que el estribo.

Referente al tercer objetivo que es determinar el tipo de falla de especímenes de concreto de f_c 210 kg/cm² con refuerzos transversales sometidos a compresión. Sánchez, en su investigación “Análisis de la influencia del refuerzo transversal en el confinamiento de columnas de sección circular y rectangular modeladas a escala reducida”, indica que, en los refuerzos en espiral, la falla se da el amarre no es adecuado en la zona y al aplicar carga el refuerzo se suelta y se produce la falla. Con respecto a los estribos, sostiene que la falla se da en la zona del espacio entre estribos y los ganchos, por tal razón la columna suele fallar en su extremo inferior.

En esta investigación, las fracturas se evaluaron con la norma ASTM, donde se encontraron principalmente fallas del tipo 5 y tipo 6, con fracturas en los lados de las partes superiores e inferiores de las probetas (ocurren comúnmente con tapas no adheridas), luego del descascamiento en la parte superior e inferior, se aprecia el comportamiento de los estribos y espirales en el confinamiento del núcleo ya que los refuerzos longitudinales tienden a pandearse en la zona donde ocurrió el descascamiento; por lo tanto, el refuerzo transversal ayuda en el confinamiento para que la columna no colapse. En conclusión, se presenta similitud entre ambos estudios referente a las fallas de los especímenes.

V. CONCLUSIONES

En conclusión, se determinó la variación de la resistencia promedio de las muestras, observando que las probetas con espirales superan a los valores alcanzados de las muestras con estribos. A la edad de 28 días, a un espaciamiento es de 5.00 cm, el valor de la resistencia promedio de los estribos fue 220.847 kg/cm² y de 315.107 kg/cm² para los zunchos (espirales). A un espaciamiento de 6.25 cm, el valor de la resistencia promedio de los estribos fue de 188.632 kg/cm² y para los zunchos 233.320 kg/cm². Por último, a un espaciamiento de 8.30 cm, el valor de la resistencia promedio de los estribos fue de 222.155 kg/cm² y para los zunchos 226.775 kg/cm². Por lo tanto, la resistencia promedio de las muestras con espirales es superior a la que contienen estribos en todos los tiempos de curado.

Como limitación surgida en la investigación, se tiene que las muestras realizadas presentan solo refuerzos transversales para poder someterlas al ensayo de compresión en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, se necesitan muestras de mayor escala para implementar refuerzos longitudinales y equipo de mayor alcance para dicha implementación, como se mencionó anteriormente, una de las limitaciones de esta investigación, es que los presentes resultados son exclusivamente para la resistencia a compresión axial según la norma ACTM-C3.

Por último, se observó el comportamiento de las probetas frente a las cargas axiales a las que fueron sometidas en los ensayos. A la edad de 28 días, a un espaciamiento de 5.00 cm entre refuerzos, el valor de carga promedio de los estribos alcanzó un valor de 39955.00 kg y en el caso de los zunchos un valor de 57219.00 kg. A un espaciamiento de 6.25 cm, el valor de la carga promedio de los estribos alcanzó un valor de 34248.000 kg y los zunchos un valor de 39671.750 kg. En suma, se determinó al espaciamiento de 8.30 cm, el valor de la carga promedio de los estribos alcanzó un valor de 36705.00 kg y los zunchos un valor de 39499.00 kg.

Asimismo, se logró determinar cuáles son los tipos de fallas que predominan en los ensayos a compresión, para ello se evaluaron las fracturas con la norma ASTM, encontrando específicamente fallas del tipo 5 y tipo 6, con fracturas en los lados de las partes superiores e inferiores de las probetas, coincidiendo con otros estudios.

REFERENCES

- [1] American Concrete Institute, “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05),” *American Concrete Institute*, pp. 1–495, Jan. 2005, Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wp-content/uploads/sites/14/2016/02/ACI_318_2005.pdf
- [2] NTP 060, “NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E. 060 CONCRETO ARMADO,” PERU, May 2009. Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf
- [3] SENCICO, *ICF-Manual-de-preparación-de-concreto-SENCICO*. 2014.
- [4] M. Á. Bernui Huayllacayan and P. Ronceros LLuyacc, “Estudio del Comportamiento a la compresión empotrando tubería PVC en columnas de concreto armado $f_c=210$ kg/cm², Huaycán Ate 2021,” Universidad Cesar Vallejo, Huaycán, 2021. Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/80788>
- [5] Morales Morales Roberto, *Diseño en concreto armado*. ICG, 2013.
- [6] J. W. Atao Huamán, “Comportamiento en Flexocompresión de Columnas y Muros Estructurales de Concreto Armado: Estado del Arte,” PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, Lima, 2020. Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19299/ATAO_HUAMAN_JASON_COMPORTAMIENTO_FLEXOCOMPRESI%3%93N_COLUMNSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [7] Jhony Armando Sanchez Sierra, *Análisis de la influencia del refuerzo transversal en el confinamiento de columnas de sección circular y rectangular modeladas a escala reducida*, Ciencia., vol. 1. 2008. Accessed: Nov. 06, 2022. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1148&context=ing_civil
- [8] L. L. : Ángel San Bartolomé, “EFECTOS DE LOS ESTRIBOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO A COMPRESION DE LAS COLUMNAS DE CONFINAMIENTO,” 2017.
- [9] J. B. Mander, M. J. N. Priestley, and R. Park, “Modelo teórico tensión-deformación para hormigón confinado,” *ASCE LIBRARY*, pp. 1–23, Dec. 1986, Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: https://web.itu.edu.tr/darilmazk/file/Mander_Priestley_Park_StressStrainModelforConfinedConcrete.pdf
- [10] A. H. Nilson, *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO Duodécima edición Ingeniero civil, profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería, Duodécima*. BOGOTÁ: Quebecor, 1999. Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: <https://marodyc.files.wordpress.com/2014/06/disec3b1o-de-estructuras-de-concreto-nilson-arthur.pdf>
- [11] G. León De Los Ríos and E. A. Saldaña Cortez, “Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado en vigas, columnas y muro de albañilería del mercado Buenos Aires, distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, región Áncash, septiembre 2016.,” Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Chimbote, 2017. Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/328>
- [12] INIFED, “NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES TOMO I Generalidades y Terminología E INVESTIGACIÓN NORMATIVIDAD,” *INIFED*, vol. 1, no. 2014, pp. 1–17, 2014, Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104925/Tomol_Generalidades_y_Terminologia.pdf
- [13] T. E. Harmsen, *Diseño de estructuras de concreto armado*, Tercera Edición. lima: Fondo Editorial, 2002. Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disenode-estructuras-de-concreto-harmsen.pdf>
- [14] H. Ferrel Sinte and E. Moreano Huacana, “UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL TESIS,” UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES, Abancay, 2019. Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available:

<https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/236/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20los%20agregados%20provenientes%20de%20las%20carteras%20en%20el%20sector%20de%20Pachachaca.pdf>

- [15] R. Hernández Sampieri and C. Fernández Collado, “Metodología de la investigación,” *Mc Graw Hill*, vol. sexta, Apr. 2014, Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- [16] A. Pacori Mestas and B. Aquisé Quispe, “Evaluación del diseño de mezclas con agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de Phara - Sandía y San Antonio - Puno,” Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2020. Accessed: Sep. 10, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14498>
- [17] ASTM C39, “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens 1,” 2020. doi: 10.1520/C0039_C0039M-20.