

Influence of internal vibration time on concrete compressive strength $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Diaz-Pretel Edgar Gianmarco¹ Sagastegui-Vasquez German, Mg. Ing.²

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00022363@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. german.sagastegui@upn.edu.pe

Abstract- The objective of this research was to determine the influence of internal vibration time on the compressive strength of a concrete $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ using aggregates from the Roca Fuerte Quarry located in the Baños del Inca district. 72 concrete specimens were made, which were compacted by vibrating internally for 5, 15, 20 and 25 seconds, in order to perform compression rupture at 7, 14 and 28 days of age in each of the specimens. The results obtained of the specimens tested after 28 days of curing determine that vibrating for 5 seconds the average resistance of the concrete is 216.73 kg/cm^2 , this result is considered the standard sample with respect to the compaction of internal vibration in 15, 20 and 25 seconds where the average compressive strength was 266.75 kg/cm^2 , 271.10 kg/cm^2 and 234.74 kg/cm^2 , representing 23.08%, 25.09% and 8.31% respectively. The investigation concludes that the optimal internal vibration of the concrete at 7, 14 and 28 days is 20 seconds since it presents greater resistance to compression.

Keywords: Concrete, vibrated, resistance.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.296>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Influencia del tiempo de vibrado interno en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Diaz-Pretel Edgar Gianmarco¹ Sagastegui-Vasquez German, Mg. Ing.²

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00022363@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. german.sagastegui@upn.edu.pe

Resumen– El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia del tiempo de vibrado interno en la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agregados de la Cantera Roca Fuerte que se encuentra ubicada en el Distrito de Baños del Inca. Se elaboraron 72 probetas de concreto, las cuales se compactaron vibrando internamente 5, 15, 20 y 25 segundos, con la finalidad de realizar la ruptura a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad en cada una de las probetas. Los resultados obtenidos de las probetas ensayadas a los 28 días de curado determinan que vibrando 5 segundos la resistencia promedio del concreto es 216.73 kg/cm^2 , este resultado es considerado la muestra patrón con respecto a la compactación de vibrado interno en 15, 20 y 25 segundos donde la resistencia promedio a compresión fue de 266.75 kg/cm^2 , 271.10 kg/cm^2 y 234.74 kg/cm^2 representando el 23.08%, 25.09% y 8.31% respectivamente. La investigación concluye que la vibración interna del concreto óptima a los 7, 14 y 28 días es 20 segundos ya que presenta mayor resistencia a la compresión.

Palabras clave: Concreto, vibrado, resistencia.

Abstract– The objective of this research was to determine the influence of internal vibration time on the compressive strength of a concrete $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ using aggregates from the Roca Fuerte Quarry located in the Baños del Inca district. 72 concrete specimens were made, which were compacted by vibrating internally for 5, 15, 20 and 25 seconds, in order to perform compression rupture at 7, 14 and 28 days of age in each of the specimens. The results obtained of the specimens tested after 28 days of curing determine that vibrating for 5 seconds the average resistance of the concrete is 216.73 kg/cm^2 , this result is considered the standard sample with respect to the compaction of internal vibration in 15, 20 and 25 seconds where the average compressive strength was 266.75 kg/cm^2 , 271.10 kg/cm^2 and 234.74 kg/cm^2 , representing 23.08%, 25.09% and 8.31% respectively. The investigation concludes that the optimal internal vibration of the concrete at 7, 14 and 28 days is 20 seconds since it presents greater resistance to compression.

Keywords: Concrete, vibrated, resistance.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto es el material artificial de construcción más utilizado en la ingeniería civil, es imposible exagerar la importancia del concreto en nuestra vida diaria. Se emplea en estructuras tales como pavimentos, túneles, edificios, puentes, presas; el concreto está compuesto por agregados, agua, cemento portland y en muchos casos aditivos [8].

La mala compactación del concreto puede originar diversas patologías como cangrejeras, baja resistencia a la compresión, poca durabilidad e incluso escasa estética; esto genera que se

realicen investigaciones científicas y tecnológicas acerca del vibrado de concreto en todo el planeta.

En la actualidad existen diversos modos de compactar la mezcla de concreto fresco, entre las más comunes se encuentra la vibración interna y vibración externa, la primera consta de una ajuga vibrante que se sumerge al interior de la mezcla del concreto fresco y en la segunda se utiliza un dispositivo vibrante acoplado a las caras del encofrado removiendo el concreto que se encuentra recién vaciado [9].

En Europa, específicamente en España el ingeniero Freyssinet, (1917) fue uno de los primeros investigadores que realizaron experiencias sobre el concreto vibrado, empleando con éxito esta técnica en la construcción, vibrando el concreto mediante martillos neumáticos adosados en los encofrados y determinado que este uso hace posible utilizar mezclas de concreto más secas que el chuzado manual no logra compactar, estas mezclas de concreto extremadamente consistentes o poco fluidas logran ser vibradas satisfactoriamente [3].

Estudios realizados en Colombia especifican que cuando se vacía el concreto dentro del encofrado, se debe proceder a su compactación por medio de vibradores con el fin de asegurar su densificación y evitar hormigueos de piedra; como es sabido el uso de vibradores genera homogeneidad en la mezcla fresca de concreto y su adecuada ejecución es vital para cualquier tipo de proyecto [15].

SENCICO (Servicio de Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción) investigó y llegó a la conclusión que un vibrador consolida el concreto en un proceso de dos partes, en la primera las ondas licuifican el concreto de tal modo que fluye mejor; de igual forma las ondas hacen subir las burbujas de aire a la superficie. Un concreto vibrado o consolidado evitara la formación de cangrejeras o nidos de piedra en el concreto [14].

Agregados

Tanto el agregado grueso como el agregado fino son elementos de suma importancia para el concreto ya que no participan en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, estos deben ser fuertes, limpios, libre de polvo, limo y materias orgánicas. El agregado fino no debe tener más de 5.00% de arcilla o limos, ni más del 1.50% de materias orgánicas; sus partículas deben tener un tamaño menor a $1/4''$ y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-99A [6].

El agregado Grueso está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas, puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada en los lechos de ríos o yacimientos naturales, es conveniente que el tamaño máximo del agregado grueso sea menor que 1/5 de la distancia entre las paredes del encofrado, 3/4 de la distancia entre armaduras y 1/3 entre el espesor de las losas; para un concreto ciclópeo se puede emplear piedra hasta 15 cm y 20 cm y al igual que el agregado fino su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-99A [6].

Cemento

Se obtiene de la pulverización del clinker el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos constituyéndose por los siguientes componentes: Silicato tricálcico, Silicato dicálcico, aluminato tricálcico, aluminio – ferrito tetracálcico, óxidos de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. Asimismo, existen diversos tipos de cementos, los cuales están especificados en la Norma ASTM-C-150-99A, teniendo los siguientes, TIPO I que es de uso general y sin propiedades especiales, TIPO II es de moderado calor de hidratación y alguna resistencia al ataque de los sulfatos, TIPO III es de resistencia temprana y elevado calor de hidratación, TIPO V, de alta resistencia al ataque de sulfatos. [6].

Concreto

Es la combinación de cemento hidráulico Portland o cualquier otro cemento, aditivos, agregado grueso, agregado fino y agua [11]; el cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las partículas del agregado grueso llenado los vacíos entre ellas; en teoría el volumen del mortero solo debería llenar el espacio entre partículas, en la práctica este volumen es mayor por la cantidad de mortero usado en el llenado de vacíos [6].

Colocación de concreto

El concreto se puede colocar manualmente con carretilla, transportado por bandas, lanzado por inyectoras, el grado de exigencia dependerán de las especificaciones técnicas; es recomendable realizar una inspección visual antes de la colocación el concreto en busca de posibles elementos ajenos los refuerzos, anclajes que puedan quedar cubiertos por la mezcla del concreto generando vacíos perjudiciales dentro de los elementos estructurales, la colocación del concreto incluye su compactación especificando que “inmediatamente se coloque el concreto dentro del encofrado se debe proceder a su compactación por medio de vibradores con el fin de asegurar su densificación y evitar hormigueos [14].

Vibración interna

Los vibradores internos tienen una frecuencia de al menos 7000 vibraciones o ciclos por minuto mientras estén operando

el concreto, el diámetro de un vibrador circular no deberá ser mayor a la cuarta parte del diámetro del molde cilíndrico o ancho del molde prismático, los vibradores de otro tipo de sección deberán tener un perímetro equivalente a la circunferencia de vibrador de sección circular apropiado; el elemento vibrador deberá exceder por lo menos 75 mm de la profundidad máxima de la sección que está siendo vibrada [12].

Curado de concreto

El concreto normal debe mantenerse a una temperatura por encima de los 10°C y mantenerlo hidratado por lo menos durante los primeros 7 días contando luego de su vaciado; en el caso del concreto de alta resistencia se sigue los mismos estándares de calidad [20]. Se cubre los testigos después del acabado para evitar la evaporación del agua del concreto sin endurecer y se mantiene en un ambiente que mantenga las condiciones de humedad de $26.0^\circ \pm 2.0^\circ$ desde el momento del moldeo hasta el momento del ensayo [10].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. *Agregados y Cemento*

Tanto el agregado fino y como el grueso se obtuvieron de la cantera Roca Fuerte georreferenciada por el Norte: 9207557 y por el Sur: 779646; ubicada políticamente en el Distrito de Baños del Inca, Provincia y Departamento de Cajamarca.

La calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie se han clasificado en agregado grueso y agregado fino fijado un valor en tamaño de 4.76 mm a 0.075 mm para el fino o arena y de 4.76mm para el grueso [13].

El cemento se obtuvo de tienda comercial Sodimac ubicada en la cuadra 16 de la Vía de Evitamiento Sur de la ciudad de Cajamarca.

Es un aglutinante que posee propiedades de cohesión y adherencia permitiendo la unión de gravas minerales, el cemento es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesados a altas temperaturas y mezclados con yeso [13].

B. *Agua*

Es un ingrediente fundamental para la elaboración del concreto debido que desempeña una función importante en el estado y endurecido. Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto a la cantidad para proveer la relación agua/cemento acorde a las necesidades de trabajabilidad y resistencia, se la emplea para lavar los agregados, elaboración de la mezcla del concreto o y también en el curado del concreto, no solamente su cantidad es trascendental, ya que igual de importante es su calidad física y química [13].

En esta investigación se determina la influencia en la resistencia a compresión del vibrado interno en 5, 15, 20 y 25 segundos para un diseño de mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y slump de 2" – 4"; se hará el uso de los ensayos descritos en los párrafos posteriores.

Según la guía de la norma ASTM indicadas específicamente para cada ensayo; se detallan los ensayos realizados a continuación:

C. Contenido de humedad

Se determina la masa de la muestra en una balanza con precisión del 0.1%. Se seca la muestra en el recipiente o tara por medio de la fuente de calor elegida por un lapso de tiempo de 24 horas, teniendo cuidado con la pérdida de partículas. Se determina la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.1%. Luego, se aplica la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad.

Ecuación N° 1 Contenido de Humedad

$$W\% = 100 * \frac{(W - D)}{D}$$

Donde:

W%: Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%).

W: Masa de la muestra húmeda original (gr).

D: Masa de la muestra seca (gr).

D. Análisis granulométrico

Se seleccionan los tamaños adecuados de tamices para el agregado grueso y el agregado fino.

Para el agregado grueso: Secamos la muestra en el horno por 24 horas, luego se ordena los tamices de mayor a menor (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4 y cazoleta), se coloca el material en los tamices y agitamos; por último, pesamos el contenido de cada uno de los tamices.

Para el agregado fino: se seca la muestra en el horno por 24 horas, luego se ordena los tamices de mayor a menor (3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y cazoleta), se coloca el material en los tamices y agitamos, pesamos el contenido retenido en cada uno de ellos.

Realizamos la curva granulométrica:

Ecuación N° 2 Módulo de finura del agregado fino

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. en los tamices } 3/8", N^\circ 4, N^\circ 8, N^\circ 16, N^\circ 30, N^\circ 50, N^\circ 100}{100}$$

E. Peso específico y absorción del agregado

La absorción del agregado y peso específico del

agregado fino: se ensaya pasado el agregado fino por el tamiz N° 4, pesamos 01.00 kg y lo colocamos en un depósito con agua que cubre todo el agregado seleccionado y lo dejamos reposar por 24 horas. Seguido decantamos el agua con sumo cuidado de evitar pérdidas del material, luego extendemos el material sobre una bandeja y secamos la superficie de las partículas. Ejecutamos el ensayo del cono, rellenando en 3 niveles con 25 chuzados por nivel hasta el desmoronamiento superficial del material, a este resultado se lo llama superficie seca.

Para finalizar elegimos 0.50 kg del agregado, pesamos en la fiola con 0.10 m³ de agua, consecutivamente metemos el agregado a la fiola y removemos por 20 minutos, inmediatamente se pesa la fiola con agregado y agua, sacamos el material celosamente de la fiola, a continuación, colocamos en el horno por 24 horas y se pesa el agregado.

Peso específico y absorción del agregado grueso: Se lava el agregado para eliminar partículas pequeñas y se seca en el horno, después se sumerge el material y se deja reposar por 2 horas, se seca superficialmente, luego introducimos el agregado en la canastilla metálica y determinamos el peso sumergido en el agua. Finalmente secamos la muestra por 24 horas en el horno y pesamos.

Ecuación N° 3 Peso específico de la masa (Pem)

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} * 100 \dots (III)$$

Ecuación N° 4 Peso específico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)} * 100 \dots (IV)$$

Ecuación N° 5 Peso específico aparente (Pea)

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} * 100 \dots (V)$$

Ecuación N° 6 Peso específico aparente (Pea)

$$Ab (\%) = \frac{(B - A)}{A} * 100 \dots (VI)$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr).

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr).

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

F. *Peso unitario compactado del agregado*

Agregado compactado: Se mide la tercera parte del recipiente, se introduce el material y se nivela el área. Se compacta la capa del agregado con la varilla metálica mediante 25 golpes distribuidos sobre la zona, se colma hasta las dos terceras partes del recipiente y otra vez se compacta con 25 golpes; finalmente se llena el contenedor hasta rebosar y se golpea 25 veces con la varilla metálica, el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

Se determina el peso del recipiente de medida, más su contenido y el peso del recipiente solo, registrando los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Agregado suelto: Se prueba el peso de la tara vacía, luego se llena en su totalidad, se nivela y se pesa. Se ejecuta 3 veces el ensayo tanto para el agregado grueso como el agregado fino y se promedia los resultados.

Ecuación N° 7 Peso unitario

$$PUC = \frac{\text{Peso del agregado}}{V}$$

Donde:

PUC: Peso Unitario del agregado (Kg/m³)

V: Volumen de la medida (m³)

G. *Asentamiento del concreto*

Se coloca el cono en una superficie horizontal, se va rellenado con la mezcla de concreto en tres niveles, cada una de ellas será compactada con 25 golpes con la varilla de acero, luego se nivela con la varilla compactadora. Se retira inmediatamente el molde vertical y medimos el asentamiento del concreto fresco comparando la diferencia de alturas con el cono y el concreto

H. Resistencia a la compresión

Las muestras el concreto son sometidas a la carga axial en la maquina compactadora.

Ecuación N° 8 Resistencia a la compresión

$$\sigma = \frac{Pmax}{A}$$

Donde:

σ : Resistencia a la compresión axial

Pmax: Carga de rotura

A: Área de sección de la probeta

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

En tabla N° 1 se puede apreciar los resultados obtenidos del agregado fino el cual será utilizados en el diseño de mezcla para el concreto, así mismo cumple dentro de los parámetros establecidos

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO

Característica	Valor	Unidad
Absorción	= 3.39	%
Humedad	= 7.63	%
Peso Seco Compactado	= 1827.78	Kg/cm ³
Peso Especifico	= 2.79	Gr/cm ³
Módulo de Finura	= 2.68	-

En la tabla N° 2 se puede apreciar los resultados obtenidos del agregado grueso el cual será utilizados en el diseño de mezcla para el concreto, así mismo cumplen dentro de los parámetros establecidos.

TABLA 2
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO

Característica	Valor	Unidad
T.M.N	= 1	pulg
Peso Especifico	= 2.50	gr/cm ³
Peso Unitario Compactado	= 1557.35	Kg/m ³
Humedad	= 0.96	%
Absorción	= 1.21	%

B. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

En la tabla N° 3 se aprecia los 5 segundos de vibrado interno para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días en los que se observa que en los 7 primeros días alcanza una resistencia promedio a la compresión de 191.50 kg/cm², para los 14 días de curado tiene una resistencia promedio de 205.92 kg/cm² y para los 28 días de curado alcanza una resistencia promedio 216.73 kg/cm².

TABLA 3
VARIACIÓN DE DATOS PARA UN TIEMPO DE 5 SEGUNDOS DE VIBRADO INTERNO

Tiempo de Curado	Probeta	Resistencia kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Desviación Estándar kg/cm ²	Variación %
7 Días	P01/05"	200.24	191.50	8.64	4.51
	P02/05"	201.43			
	P03/05"	195.65			

	P04/05"	186.02			
	P05/05"	182.88			
	P06/05"	182.75			
14 Días	P07/05"	211.40			
	P8/05"	197.86			
	P9/05"	202.79			
	P10/05"	212.52	205.92	7.89	3.83
	P11/05"	196.44			
	P12/05"	214.48			
28 Días	P13/05"	210.90			
	P14/05"	207.69			
	P15/05"	223.27			
	P16/05"	222.78	216.73	7.66	3.54
	P17/05"	224.80			
	P18/05"	210.94			

En la tabla N° 4 se aprecia los 15 segundos de vibrado interno para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días en los que se observa para los 7 primeros días de curado una resistencia promedio de 249.69 kg/cm², para los 14 días posee una resistencia promedio de 249.63 kg/cm² y para los 28 días alcanza una resistencia promedio 266.75 kg/cm².

TABLA 4
VARIACIÓN DE DATOS PARA UN TIEMPO DE 15 SEGUNDOS DE VIBRADO INTERNO

Tiempo de Curado	Testigo	Resistencia kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Desviación Estándar kg/cm ²	Variación %
7 Días	P01/15"	212.69			
	P02/15"	204.61			
	P03/15"	210.98			
	P04/15"	195.63	249.69	6.38	3.11
	P05/15"	205.37			
	P06/15"	200.45			
14 Días	P07/15"	242.58			
	P08/15"	253.33			
	P09/15"	259.18			
	P10/15"	248.67	249.63	6.95	2.78
	P11/15"	253.01			
	P12/15"	241.01			
28 Días	P13/15"	256.39			
	P14/15"	268.59			
	P15/15"	272.43			
	P16/15"	265.77	266.75	7.11	2.67
	P17/15"	261.52			
	P18/15"	275.79			

En la tabla N° 5 se aprecia los 20 segundos de vibrado interno para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días en los que se verifica para los 7 primeros días tiene una resistencia promedio de 215.65 kg/cm², en los 14 días alcanza una resistencia promedio de 267.91 kg/cm² y para los 28 días tiene una resistencia promedio 271.10 kg/cm².

TABLA 5
VARIACIÓN DE DATOS PARA UN TIEMPO DE 20 SEGUNDOS DE VIBRADO INTERNO

Tiempo de Curado	Testigo	Resistencia kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Desviación Estándar kg/cm ²	Variación %
7 Días	P01/20"	217.20			
	P02/20"	228.40			
	P03/20"	211.8			
	P04/20"	219.66	215.65	7.76	3.60
	P05/20"	208.70			
	P06/20"	208.13			
14 Días	P07/20"	257.34			
	P08/20"	261.06			
	P09/20"	276.49			
	P10/20"	277.21	267.91	8.01	2.99
	P11/20"	268.63			
	P12/20"	266.70			
28 Días	P13/20"	267.30			
	P14/20"	279.47			
	P15/20"	264.08			
	P16/20"	265.99	271.10	8.15	3.01
	P17/20"	283.35			
	P18/20"	266.42			

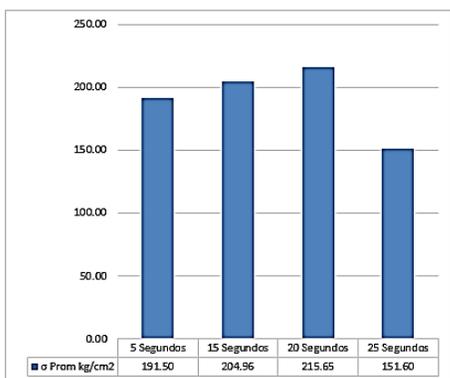
En la tabla N° 6 se aprecia los 25 segundos de vibrado interno para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días en los que se observa para los 7 primeros días tiene una resistencia promedio de 151.60 kg/cm², para los 14 días tiene una resistencia promedio de 221.27 kg/cm² y para los 28 días tiene una resistencia promedio 243.74 kg/cm².

TABLA 6
VARIACIÓN DE DATOS PARA UN TIEMPO DE 25 SEGUNDOS DE VIBRADO INTERNO

Tiempo de Curado	Testigo	Resistencia kg/cm ²	Promedio kg/cm ²	Desviación Estándar kg/cm ²	Variación %
7 Días	P1/25"	147.99			
	P2/25"	141.76			
	P3/25"	159.78			
	P4/25"	152.78	151.60	6.12	4.03
	P5/25"	154.12			
	P6/25"	153.17			
14 Días	P7/25"	221.65			
	P8/25"	219.54			
	P9/25"	231.76			
	P10/25"	210.01	221.27	8.93	4.04
	P11/25"	231.16			
	P12/25"	213.47			
28 Días	P13/25"	243.76			
	P14/25"	246.40			
	P15/25"	244.59			
	P16/25"	247.59	243.74	4.73	1.94
	P17/25"	245.60			
	P18/25"	234.47			

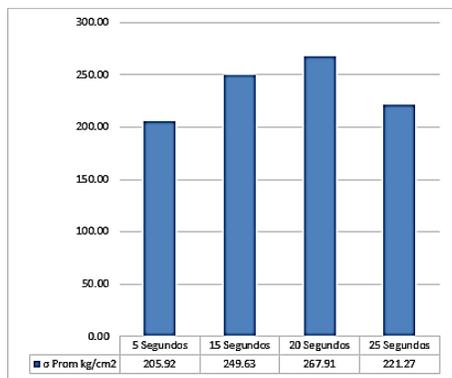
En el grafico N° 1 comparamos la resistencia promedio del concreto de 7 días de edad con tiempos de vibrado de 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos;

interpretando el valor más alto es el concreto compactado con vibrador interno por el tiempo de 20 segundos.



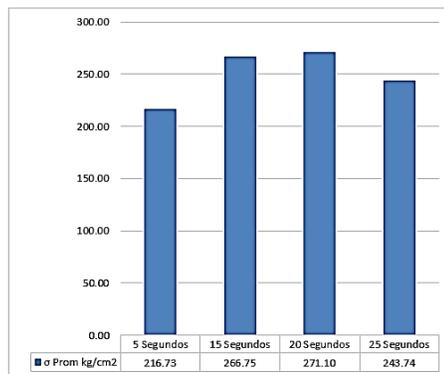
Graf. 01 Comparación de la resistencia promedio del concreto con 28 días de edad

En el grafico N° 2 comparamos la resistencia promedio del concreto de 14 días de edad con tiempos de vibrado de 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos; interpretando el valor más alto es el concreto compactado con vibrador interno por el tiempo de 20 segundos.



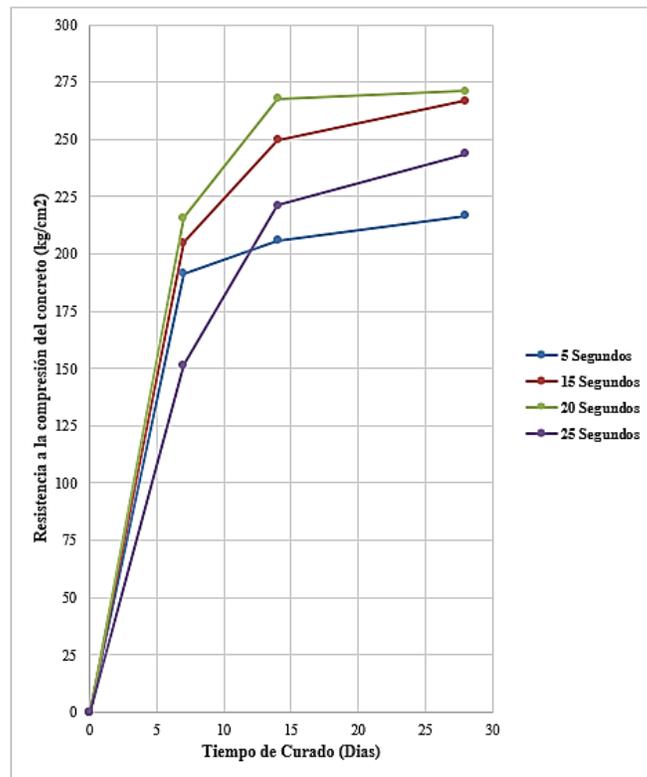
Graf. 02 Comparación de la resistencia promedio del concreto con 14 días de edad

En el grafico N° 3 comparamos la resistencia promedio del concreto de 14 días de edad con tiempos de vibrado de 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos; interpretando el valor más alto es el concreto compactado con vibrador interno por el tiempo de 20 segundos.



Graf.03 Comparación en porcentaje de la resistencia del concreto a 28 días de edad

En el grafico N° 4 se observa la resistencia a la compresión del concreto promedio a la edad de 7, 14 y 28 días de las probetas de concreto compactadas con vibrador interno en 5 segundos, 15 segundos, 20 segundos y 25 segundos.



IV. CONCLUSIONES

Las características del agregado grueso para el diseño de mezcla son los siguientes: T.N.M. 1”, peso específico 2.5 gr/cm³, peso unitario compactado 1557.35 Kg/m³, humedad 0.96%, absorción 1.21%, así mismo en el agregado fino absorción 3.39%, humedad 7.63%, peso seco compactado 1827.78 kg/cm³, peso específico 2.79 gr/cm³ y módulo de finura 2.68, fueron extraídos de la cantera Roca Fuerte donde podemos observar que cumplen con los porcentajes indicados por las

normas ASTM, con la finalidad de realizar el diseño de mezclas utilizado en la presente investigación.

Se realizó el vibrado del concreto en 7, 14 y 28 días con un tiempo de 5, 15, 20 y 25 segundos, donde se obtuvo con un vibrado de 5 segundos una resistencia promedio de 191.50 kg/cm² en 7 días, 205.92 kg/cm² en 14 días, 216.73 kg/cm² en 28 días, con un vibrado de 15 segundos una resistencia promedio de 249.69 kg/cm² en 7 días, 249.63 kg/cm² en 14 días, 266.75 kg/cm² en 28 días, con un vibrado de 20 segundos una resistencia promedio de 215.65 kg/cm² en 7 días, 267.91 kg/cm² en 14 días, 271.10 kg/cm² en 28 días y con un vibrado de 25 segundos una resistencia promedio de 151.60 kg/cm² en 7 días, 221.27 kg/cm² en 14 días, 243.74 kg/cm² en 28 días.

Se determinó la influencia del vibrado donde la resistencia a compresión del concreto aumenta progresivamente hasta los 20 segundos de vibrado interno y disminuye al vibrar internamente en 25 segundos.

En los resultados obtenidos se puede observar que a los 28 días edad, las probetas vibradas en 20 segundos alcanzan una resistencia a compresión promedio de 271.10 kg/cm², superando a las probetas que fueron compactadas con un tiempo de vibrado de 5 segundos, 15 segundos y 25 segundos.

Se determinó que el tiempo de vibrado interno adecuado para alcanzar la resistencia óptima del concreto en 7, 14 y 28 días de curado es 20 segundos; influyendo en 25.09%, 30.10% y 12.61% en comparación con la muestra patrón (Vibrado interno de 5 segundos).

Por lo tanto, se concluye que compactando el concreto por el método de vibrado interno, el tiempo adecuado de vibrado para un concreto con slump 2” - 4” es 20 segundos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca (UPN-C), en la Facultad de Ingeniería, carrera profesional de Ingeniería Civil.

REFERENCIAS

- [1] Alvarez Paz, M. (2012). Control, Vertido y curado del concreto pesado en el sin control. Madrid.
- [2] Barahona Sánchez, R. (2015). Estudio comparativo de resistencia en probetas compactadas con los métodos por apisonado y por vibración para concretos a/c= 0.60, 0.65 y 0.70. Lima.
- [3] Barceló, G. (1944). Hormigón vibrado. Obras publicas.
- [4] Cachi Cerna, G. (2015). Materiales de construcción. Cajamarca.
- [5] Guevara Sánchez, G. (2019). Resistencia a la compresión del concreto f'c=350 kg/cm² con distintos métodos de vibración: por apisonado, por mesa vibratoria o vibrado tipo aguja. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- [6] Harmsen, T. (2002). Diseño de estructuras de concreto armado. Lima: PUCP.
- [7] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- [8] Mamlouk, M., & Zaniewski, J. (2009). Materiales para la ingeniería civil. Madrid: Pearson educación S.A.
- [9] Meza Cuadra, J. (22 de Setiembre de 2016). Constructivo. Obtenido de <http://www.constructivo.com/cn/d/novedad.php?id=131>.
- [10] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). Manual de ensayos de materiales. Lima.

- [11] Norma E. 060 Concreto Armado. (2009). Reglamento nacional de edificaciones. Lima. (2003). Norma Técnica Peruana 339.183. Lima.
- [12] Niño Hernández, J. R. (2010). Tecnología del concreto - tomo I. Bogota.
- [13] Oré, J. (2014). Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto. Lima: Castolan editores SRL.
- [14] Palomino, J. (2014). Guía para supervisión técnica de estructuras de concreto reforzado. Cartagena.
- [15] Restrepo Echeverri, A. (2006). Análisis vibracional de moto vibradores. Colombia.
- [16] Saldaña Saldaña, A. (2017). Resistencia a la compresión de un concreto compactado con rodillo en diferentes tiempos de vibrado. Cajamarca.
- [17] Universidad de la Puna. (2017). Propiedades mecánicas del concreto. Obtenido de Tecnologías digitales: http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades_mecnicas.html.
- [18] Vara Horna, A. (2012). Siete pasos para una tesis exitosa. Lima.
- [19] Yépez, M., & Guerra, M. (2016). Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Quito: Activa.