



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 $F'_{C}=350 \text{ kg/cm}^2$ CON DISTINTOS MÉTODOS DE
VIBRACIÓN: POR APISONADO, POR MESA VIBRATORIA O
VIBRADOR TIPO AGUJA.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Ghelenn Evanie Guevara Sánchez

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a mis padres y a mi hermanita, quienes han sido parte fundamental de mi vida, han creído siempre en mi capacidad y me han sostenido en momentos difíciles; las metas que he alcanzado son un fiel reflejo de su amor hacia mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser cuidarme y guiarme por el rumbo correcto de la vida.

A mi hermanita Mayra, por creer siempre en mí y ser mi fuente de
fortaleza.

A mis padres, por su amor, sus consejos y su apoyo incondicional.

A mi asesor Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por compartir sus
conocimientos, por su apoyo y guía durante esta investigación.

A todas las personas, que ayudaron de manera directa e indirecta en
la realización de este proyecto.

A los encargados de laboratorio Sr. Víctor Cuzco Minchan y el Ing.
Erick Muñoz Barboza durante el desarrollo de mi tesis.

A la Universidad Privada del Norte y a todos los maestros que me
brindaron los conocimientos técnicos para mi carrera profesional.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos	18
1.4. Hipótesis	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
2.1. Tipo de investigación.....	20
2.2. Población y muestra	20
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	20
2.4. Procedimiento	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS	30
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	39
4.1. Discusión.....	39
4.2. Conclusiones	40
REFERENCIAS	41
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de muestras a ensayar.....	20
Tabla 2: Instrumento de recolección.	21
Tabla 3: Coordenadas UTM de la cantera Roca Fuerte.....	22
Tabla 3: Cantidad mínima de la muestra del agregado global.	24
Tabla 5: Características físicas del agregado fino.	30
Tabla 6: Características físicas del agregado grueso.	30
Tabla 7: Variación de datos de vibrado por Apisonado.	31
Tabla 8: Variación de datos de vibrado con Vibrador de concreto tipo aguja.	32
Tabla 9: Variación de datos de vibrado por Mesa vibratoria.	33
Tabla 10: Comparación del porcentaje de variación de las resistencias a 7 días.	37
Tabla 11: Comparación del porcentaje de variación de las resistencias a 14 días.	38
Tabla 12: Comparación del porcentaje de variación de las resistencias a 28 días.	38
Tabla 13: Contenido de humedad del agregado fino.....	45
Tabla 14: Contenido de humedad del agregado grueso.....	46
Tabla 15: Granulometría del agregado grueso.	47
Tabla 16: Husos granulométricos del agregado grueso.....	47
Tabla 17: Granulometría del agregado fino.....	48
Tabla 18: Husos granulométricos del agregado fino.....	49
Tabla 19: Peso específico del agregado fino.	50
Tabla 20: Peso específico del agregado grueso.	51
Tabla 21: Diseño de Mezcla $f'_c=350$ kg/cm ²	52
Tabla 22: Resistencia a la compresión del concreto vibrado por Apisonado.....	56
Tabla 23: Resistencia a la compresión del concreto vibrado por Vibrador de concreto tipo aguja.	57
Tabla 24: Resistencia a la compresión del concreto vibrado por Mesa Vibratoria.	58

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1: Comparación de la resistencia promedio del concreto endurecido a los 7 días.	34
Gráfico 2: Comparación de la resistencia promedio del concreto endurecido a los 14 días.	35
Gráfico 3: Comparación de la resistencia promedio del concreto endurecido a los 28 días.	36
Gráfico 4: Resistencia alcanzada con cada método de vibrado del concreto.	37
Gráfico 5: Curva granulométrica del agregado grueso.....	48
Gráfico 6: Curva granulométrica del agregado fino.....	49

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Contenido de humedad.....	23
Ecuación 2. Módulo de finura del agregado fino:	25
Ecuación 3. Peso específico de masa (P_{em}).....	26
Ecuación 4. Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{eSSS}).	26
Ecuación 5. Peso específico aparente (P_{ea}).....	26
Ecuación 6. Peso específico aparente (P_{ea}).....	27
Ecuación 7. Peso Unitario.	28
Ecuación 8. Resistencia a la compresión.....	29

RESUMEN

En esta investigación se determinó la variación de la resistencia a compresión axial del concreto $f'_c= 350 \text{ kg/cm}^2$ usando agregados de la cantera “Roca Fuerte” del río Chonta con distintos métodos de vibrado. Para la ejecución de esta tesis se hizo un diseño de mezcla de concreto con una resistencia $f'_c=350 \text{ kg/cm}^2$, con la cual se realizaron 54 probetas de concreto, 18 con cada método de vibración: por apisonado, mesa vibratoria y vibrador de concreto tipo aguja, para posteriormente ensayarlas a 7, 14 y 28 días. Según los resultados obtenidos a los 28 días la resistencia promedio por apisonado es 410.58 kg/cm^2 la cual tomaremos como muestra patrón, en tanto las probetas vibradas con vibrador de concreto tipo aguja tienen una resistencia promedio de 455.46 kg/cm^2 , esto representa un 10.93% de la resistencia patrón, mientras que las probetas vibradas con mesa vibratoria tienen una resistencia promedio de 385.86 kg/cm^2 lo cual representa un 6.02% menos que la muestra patrón. Por ello se concluye que el concreto vibrado con vibrador de concreto tipo aguja presenta una mayor resistencia a los 7, 14 y 28 días.

Palabras clave: Resistencia, Concreto, Vibración.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La eficiencia de la infraestructura es imprescindible para que la economía de cualquier país funcione de manera competitiva. Sin embargo, en los últimos años la calidad de la infraestructura se ha deteriorado, tanto en países desarrollados como emergentes. En estos últimos se presenta un fuerte atraso en cuanto a las nuevas tecnologías, la necesidad de la industria de la construcción de ser más competitiva, a optimizar los procesos constructivos y la calidad de estos. (Arana, 2016)

La enorme importancia del concreto en nuestros días, queda demostrada en la vasta cantidad de producción a nivel mundial de cemento, su principal componente, este crecimiento está relacionado con el crecimiento poblacional y el desarrollo de los países, siendo los países con mayor producción China, India, EE.UU. y Brasil. (Blog Cementos Inka, 2017)

“Según la última estadística brindada por Index Mundi, en su reporte Hydraulic Cement: World Production, By Country. En dicho reporte se registra una producción de 2310 millones de toneladas de cemento.”

(Blog Cementos Inka, 2017)

Mientras tanto en el Perú según ASOCEM (2017) la producción nacional de cemento crecerá 5 %, esto representaría un 1.5 % de crecimiento anual para el 2017, esto debido a los trabajos de reconstrucción realizados principalmente en la zona costa del país. La producción en el 2013 era de 14.7 millones de toneladas de cemento, para el 2017, se acrecentó a 17.9 millones de toneladas, sin embargo, el nivel de consumo es de 10.57 millones de toneladas. Aunque, con la urgencia de ejecución de las obras de reconstrucción luego del fenómeno de El Niño costero, se espera que la demanda de cemento empiece a repuntar.

El concreto como material de construcción es muy importante ya que posee características muy resaltantes como la resistencia, versatilidad, durabilidad y

economía, las que lo han convertido en el material de construcción más utilizado en todo el mundo; además debido a su fácil maleabilidad puede adaptarse a una gran cantidad de formas que lo hacen más versátil, también es resistente al fuego y puede crearse ahí mismo donde se tiene la construcción lo cual facilita a los trabajadores para utilizarlo. Se puede decir que su mezcla de cemento, agregados y agua tiene la apariencia de una roca artificial que puede parecer simple, pero con una compleja naturaleza interna. (Anguiano Gomez & Perez Fletes, 2013)

Por otro lado, la importancia del proceso de vibración del concreto en la construcción, se da básicamente en la durabilidad de la estructura, puesto que, al realizar este procedimiento, el concreto adquiere una consistencia un poco más fluida, esto hará que se adhiera al acero más fácilmente. También elimina vacíos, los que se retienen en el proceso de mezclado, transporte o colocación del concreto; haciendo que las burbujas de aire asciendan a la superficie del concreto fresco, siendo eliminadas posteriormente con el ambiente. El aire atrapado es necesario remover para darle homogeneidad, puesto que este disminuye la densidad del concreto haciendo que este sea más permeable, poco resistente y menos durable. (Silva, 2016).

Si bien es cierto, los métodos más convencionales son por apisonado y con vibrador de concreto tipo aguja, en esta investigación también se contempla un tercer método, el cual es por mesa vibratoria, la cual esta normada por el ASTM C1170.

De acuerdo a esta norma internacional, esta prueba es utilizada para determinar la consistencia y densidad, la cual va relacionada con la resistencia, de mezclas de concreto rígidas a extremadamente secas, utilizadas comúnmente en una construcción de concreto compactado con rodillo. (ASTM, 2014).

Al manipular el concreto, se necesita de ciertos cuidados para llegar a cumplir con la resistencia previamente diseñada, no solo al inicio de la construcción sino a lo largo de su vida útil, si bien es cierto que el concreto endurecido, evidentemente, no va a romperse fácilmente, al integrarse con armaduras de acero, puede verse afectado seriamente, y no será capaz de mantener sus propiedades a largo plazo. Además, por

indudable que parezca, es importante aclarar que la resistencia la da el concreto, así que donde haya aire no habrá resistencia. (Catalá, 2014).

En los años cincuenta, un concreto de $f'_c = 350$ kg/cm² (34.3 MPa) se consideraba de alta resistencia a compresión (34.3 MPa); hoy día, se considera como el límite entre el concreto rígido y el concreto flexible. (IMCyC, 2000)

Sin embargo, existen algunas medidas que podemos mejorar la construcción, que optimicen los procesos constructivos y prolongar la vida útil de las estructuras (Arana, 2016); para ello, una de las consideraciones que se debe tomar es el vibrado del concreto, el cual de acuerdo a su uso existen distintos tipos, cada una de ellos tiene un proceso específico para realizarlo, de no hacerlo correctamente, en vez de aumentar la resistencia podría suceder todo lo contrario.

Por estas razones en la presente investigación se analizará las resistencias del concreto con distintos tipos de vibrado, ya que este proceso es parte fundamental para un concreto de buena calidad, alta resistencia y durabilidad.

(Barahona, 2015) realizó una investigación sobre el estudio comparativo de resistencia a compresión con distintos métodos de vibración y diferentes relación a/c, el cual tuvo como objetivo principal encontrar un factor de correlación entre la resistencia a la compresión de una probeta compactada con el método por apisonado y compactada con el método por vibración; analizó los resultados obtenidos de resistencia a la compresión, resistencia a la compresión diametral y resistencia a la flexión y finalmente concluyó que las probetas vibradas con vibrador de concreto tipo aguja es mayor que por el método de apisonado para 7, 14 y 21 y 28 días.

Según Paraic C. & O'Connor (2016) El concreto autocompactante tiene una aceptación cada vez mayor en la industria, aunque se sabe poco sobre acerca de durabilidad en ambientes ricos en cloruro. Esta investigación busca aprovechar los conocimientos existentes en esta área para comparar la resistencia al cloruro del concreto autocompactante con la de los hormigones vibrados tradicionales más establecidos. Al

final de la investigación dio como resultado que la resistencia al cloruro del concreto vibrado convencionalmente puede en algunos casos ser mayor que la de los autocompactante equivalentes, dependiendo de los parámetros del estudio comparativo.

El concreto autocompactable se caracteriza principalmente por consolidarse bajo su propio peso sin necesidad de vibrado, incluso pueden ser usados en elementos estrechos y densamente armados, siempre y cuando cumpla con tener elevada fluidez y alta viscosidad para extenderse por sí solo. Además, tiene la propiedad de fluir sin segregación, para ello se establece una relación entre el contenido de agua y el contenido de finos menores que la malla # 100. Mientras que para el agregado grueso se debe considerar el factor de forma sea mayor o igual a 0.20 y que no contenga partículas planas y alargadas. También se debe considerar una relación grava/arena entre 0.72 y 0.80. (Rodríguez, 2003)

Para Alberti, Enfedaque, & Gálvez (2015) El refuerzo de concreto con fibras estructurales macrosintéticas es una buena alternativa debido a que tiene la capacidad de sustituir las barras de acero. Los procesos de compactación son de vital importancia para la efectividad del refuerzo de fibra. Esta investigación compara el concreto autocompactante con concreto convencional vibrado reforzado con varias dosis de fibras de poliolefina. Al final, resultó que las fibras se distribuyeron más uniformemente en las superficies de fractura de las muestras autocompactantes y las fallas en la pared fueron más notorias en el concreto vibrado.

Según Dinakar & Nadesan (2017) Metacaolin es un material de cementación suplementario (SCM), lo cual produce un concreto de alta resistencia y concreto autocompactante, esto es por la menor temperatura de procesamiento en comparación con el clinker de cemento. Este estudio considera las propiedades de permeabilidad del concreto autocompactante de alta resistencia usando metacaolín y concreto normal vibrado para una resistencia de 60, 80, 100, 120 MPa. Los resultados indican que el concreto autocompactante que contienen metacaolina, exhibieron una reducción significativa en la difusión de cloruro, por lo tanto, se puede decir que el metacaolín

posee un potencial significativo para la producción de concreto autocompactante de alta resistencia con propiedades de permeabilidad superiores.

Según Holschemacher, Junker, & Mueller (2013) en un estudio realizado acerca la transmisión de la fuerza de corte sobre las juntas del concreto de resistencia normal con vibrado normal y autocompactante, mediante el uso de muestras pequeñas con refuerzo de cizallamiento, se analizaron diferentes relaciones de tensiones normales y de corte en la unión entre dos tipos diferentes de concreto. Se consideraron diferentes diámetros de barras (5 y 9 mm), su resistencia a la compresión del concreto utilizado oscila entre 38 y 44 MPa. El resultado de este estudio es que el concreto autocompactante tiene una mayor resistencia a la adhesión en comparación con el concreto vibrado. Esto dio como resultado una mejor capacidad de carga.

En esta investigación tendremos en cuenta algunos conceptos de términos básicos tales como:

El cemento portland es un material aglutinante con propiedades de adherencia y cohesión que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto (ASOCRETO, 2010), tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua y se usa como aglomerante en morteros, hormigones y en pequeños trabajos de reparaciones. Es el conglomerante más importante que podemos encontrar en la actualidad. (Construmatica, 2015)

Para CEMEX (2017), el cemento es el material de construcción más utilizado en el mundo. Aporta al concreto propiedades, tales como resistencia a la compresión, durabilidad y estética para una diversidad de aplicaciones de construcción. Es el material de construcción de menor costo y con mayor resistencia.

El concreto es según ARQUBE (2016), básicamente una mezcla de los siguientes componentes: Agregados, Cemento y agua, los cuales unidos forman una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

El concreto es un material durable y resistente, una de sus mayores ventajas es que se trabaja en su forma líquida, por lo que prácticamente puede adquirir cualquier forma. (Ordoñez, Lopez, & Torres, 2012)

Los agregados son cualquier sustancia solida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, esta combinación es lo que genera resistencia mecánica ya sea al mortero o al concreto en estado endurecido (ASOCRETO, 2010), generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas, su tamaño puede llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 hasta 152 mm. (ARQUBA, 2016)

La relación agua/cemento es importante en la composición del concreto, donde influye en la resistencia, durabilidad y la fluencia de este, también determina la estructura interna del concreto endurecido. La relación agua cemento se calcula dividiendo la masa del agua por la del cemento contenidas en un volumen de concreto, además crece al aumentar la cantidad de agua y decrece al aumentar el contenido de cemento. Por tanto, se puede decir que al ser más baja es la relación agua / cemento resultan más favorables son las propiedades del concreto. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2007).

Según Huanca (2006), para realizar un correcto diseño de mezclas se tiene que tomar en cuenta principalmente estos 2 aspectos: Selección correcta de los ingredientes (cemento, agregados, agua y aditivos) y realizar una buena proporción de las cantidades de los ingredientes para producir un concreto tan económico como sea posible, con buena trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada. Además, se debe tener en cuenta contar con estos datos para realizar un correcto diseño.

- Análisis granulométrico de los agregados.
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico de los agregados (fino y grueso).
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)

- Perfil y textura de los agregados.
- Tipo y marca del cemento.
- Peso específico del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

Además se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Resistencia y durabilidad, el concreto deberá ser diseñado para soportar una resistencia mínima a compresión, aunque pueden darse algunas excepciones al especificarse una máxima relación agua/cemento. También puede darse que algunas especificaciones requieran que el concreto cumpla con ciertas condiciones de durabilidad como congelamiento y deshielo, ataques químicos, o ataques por cloruros, en los cuales se tiende que minimizar el uso de cemento. Es importante resaltar además que junto a un correcto diseño de mezcla están los procedimientos constructivos adecuados, así como protección y curado. (Osorio, 2013)

Economía, para (Huanca, 2006) el cemento es más costoso que los agregados, por tanto al minimizar el contenido del cemento en el concreto se reducirá el costo del concreto. Estas son algunas consideraciones que debemos tomar:

- Utilizando el menor slump.
- Usar el mayor tamaño máximo del agregado.
- Aplicar una relación óptima del agregado grueso al agregado fino.

Trabajabilidad, depende de las propiedades y características de los agregados y la calidad del cemento, esta condición es importante considerar en el diseño, puesto que contribuye a la colocación del concreto. Es fundamental, además, la comunicación entre el diseñador, el constructor y el productor de concreto para asegurar la calidad de la mezcla de concreto. Una adición de agua en la mezcla es la peor solución para mejorar la trabajabilidad del concreto, esto afectara directamente a su resistencia y calidad. (Osorio, 2013).

Finalmente según Martínez Nieto (2016), este es el proceso del diseño de mezclas.

- 1) Elección del Asentamiento (Slump).
- 2) Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- 3) Estimación del contenido de aire.
- 4) Determinar el contenido de agua.
- 5) Selección de la relación agua/cemento (a/c).
- 6) Cálculo del contenido de cemento.
- 7) Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- 8) Ajustes por humedad y absorción.
- 9) Cálculo de proporciones en peso.

A partir de los cálculos de proporciones en peso, se calcula lo siguiente para una mejor trabajabilidad en laboratorio.

- 1) Cálculo de proporciones en volumen.
- 2) Cálculo de cantidades por tanda.

Curado. Se le denomina curado del concreto al procedimiento en el cual el concreto se mantiene húmedo por varios días, esta práctica evita las rajaduras superficiales, que afecta la estética y resistencia del mismo. El concreto elaborado con un cemento Tipo I llegará a un 70% de su resistencia a los 7 días, por tanto, si nosotros no curamos el faltante 30% se puede perder su resistencia máxima por un secado muy rápido del concreto. (Pinto, 2014).

La resistencia a la compresión según la ASTM, se elaboran 8 cubos para ensayarlos por pares a un día, 3 días, 7 días y 28 días. Para hacer un seguimiento apropiado de la evolución de las resistencias.

Es una propiedad física muy importante, se emplea los cálculos para diseño de estructuras, es representada con el símbolo f'_c . Podemos precisar la resistencia a la compresión del concreto mediante la máxima resistencia medida de una muestra cilíndrica de concreto (15cm de diámetro y 30 cm de altura) sometida a la carga axial. Se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a edades de 7, 14 y 28 días. (Aguilar Beltran, Rodriguez Mejia, & Sermeño Monge, 2009)

Las resistencias del concreto más usadas son las de 175 kg/cm² (resistencia mínima) para Viviendas, así lo especifica el Comité ACI 332 y 210 kg/cm². (Huanca, 2006)

“Las estructuras y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño (ϕR_n) por lo menos iguales a las resistencias requeridas (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:

$$\phi R_n \geq R_u \text{ ”}$$

Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E060

La Vibración del concreto consiste en someter al concreto fresco a vibraciones de alta frecuencia inmediatamente después de ser vertido, mediante vibradores de acuerdo al uso. (Silva, 2016)

Existen distintos tipos de vibrado del concreto, definiremos algunos de ellos:

Vibrado por apisonado. En este método se utiliza una barra cilíndrica de acero lisa, de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud, con sus extremos semiesféricos de 16 mm de diámetro. El vibrado se ejecutará en 3 capas, cada una con 25 golpes, luego se termina de compactar con un martillo de goma 10 veces alrededor de la probeta. (PUCCL, 2016)

Vibrador de concreto tipo aguja. También llamados vibradores de inmersión, posee una varilla vibrante, por medio de un motor, la cual es sumergida dentro de la masa del concreto fresco. (IDC, 2015)

También es importante considerar el tiempo de vibrado del concreto si se quiere optimizar la durabilidad del concreto, lo recomendable es utilizar el vibrador por 10 a 15 segundos. Además, se debe tener en cuenta la introducción de la aguja, lo cual debe hacerse rápido y de forma vertical, las capas deben ser de una considerada altura, con el fin de que llegue toda la aguja hasta el fondo, ya que de no hacerlo, las capas

superiores se compactan, dejando el aire atrapado en el fondo. Contrariamente a su inserción, se debe sacar el vibrador despacio y con ángulo inclinado, esto evita que la superficie quede marcada. (UMACON, 2018)

Mesas vibratorias: Se utilizan mayormente en la producción de elementos prefabricados. Las mesas vibratorias constan en un tablero rígido apoyado elásticamente en soportes fijos, a este se le adhiere directamente por debajo un equipo generador de vibraciones. (Silva, 2016)

1.2. Formulación del problema

¿Con cuál de los métodos de vibración del concreto: por apisonado, mesa vibratoria o por vibrador tipo aguja genera mayor resistencia a la compresión con $f'_c=350$ kg/cm²?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar cuál de los métodos de vibración: por apisonado, por mesa vibratoria o vibrador tipo aguja, genera mayor resistencia a la compresión en un concreto $f'_c=350$ kg/cm².

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades físico-mecánicas de los agregados de la cantera Roca Fuerte.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto mediante el método de vibrado por apisonado.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto vibrado por mesa vibratoria.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto utilizando vibrador tipo aguja.
- Comparar los resultados de a la resistencia a la compresión del concreto con distintos métodos de vibración.

1.4. Hipótesis

El método de vibración que genera mayor resistencia a la compresión del concreto $f'_c=350$ kg/cm² es el vibrador tipo aguja en más del 5%.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Experimental, porque se varió el tipo de vibrado para ver el efecto en la resistencia a compresión del concreto.

2.2. Población y muestra

Unidad de estudio: Probeta de concreto $f'c=350$ Kg/cm².

Población. 54 Probetas de concreto $f'c=350$ Kg/cm².

Tabla 1: Número de muestras a ensayar.

	TIEMPO	7 Días	14 Días	28 Días
Método				
Vibrador tipo aguja		6	6	6
Apisonado		6	6	6
Mesa Vibratoria		6	6	6
	TOTAL			54

Fuente: Propia.

Muestra: Tenemos 54 probetas de concreto $f'c=350$ kg/cm². Se le denomina un muestreo no probabilístico, pues se ha considerado 18 probetas para cada método de vibrado, que se muestran en la siguiente tabla.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En la recolección de datos, se realizaron diversos ensayos para la determinación de las propiedades físicas de los agregados, para luego hacer un correcto diseño de mezclas con $f'c$ de 350 kg/cm², con estos datos se realizó las muestras cilíndricas de concreto simple (15 cm de diámetro y 30 cm de altura), las cuales después fueron sometidas a carga axial, y obtener finalmente los resultados de las resistencias de los distintos métodos de vibrado y edades del curado.

Tabla 2: Instrumento de recolección.

VARIABLE DEPENDIENTE	DATOS DE RECOLECCIÓN		
	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO
Resistencia a la compresión	Experimento	Observación directa	Hoja de datos Protocolos Excel

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS			CODIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034			RCTC-LC-UPNC
PROYECTO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO $f_c=350$ kg/cm ² CON DISTINTOS MÉTODOS DE VIBRACIÓN: POR APISONADO, POR MESA VIBRATORIA O VIBRADOR TIPO AGUJA.			
ID PROBETA:	APISONADO	DIAMETRO (cm):		
FECHA DE ELABORACION:	16 - 05 - 2016	AREA (cm ²):		
FECHA DE ENSAYO:	23 - 05 - 2016	RESPONSABLE:	Ghelen Evarie Guevara Sánchez	
EDAD DE LA PROBETA:	7 Dias	REVISADO POR:	Erick Rafael Muñoz Barboza	
P-01				
	CARGA	AL	ESFUERZO	DEF. UNIT.
1	0	0.00	0.0	0.0000
2	2000	0.09	11.0	0.0003
3	4000	0.18	22.0	0.0006
4	6000	0.24	33.1	0.0008
5	8000	0.29	44.1	0.0010
6	10000	0.34	55.1	0.0011
7	12000	0.38	66.1	0.0013
8	14000	0.40	77.2	0.0013
9	16000	0.42	88.2	0.0014
10	18000	0.45	99.2	0.0015
11	20000	0.46	110.2	0.0015
12	22000	0.49	121.2	0.0016
13	24000	0.51	132.3	0.0017
14	26000	0.52	143.3	0.0017
15	28000	0.53	154.3	0.0018
16	30000	0.56	165.3	0.0018
17	32000	0.58	176.3	0.0019
18	34000	0.60	187.4	0.0020
19	36000	0.62	198.4	0.0020
20	38000	0.63	209.4	0.0021
21	40000	0.65	220.4	0.0021
22	42000	0.67	231.5	0.0022
23	44000	0.69	242.5	0.0023
24	46000	0.72	253.5	0.0024
25	48000	0.74	264.5	0.0024
26	48210	0.75	265.7	0.0025
OBSERVACIONES:				
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE		
NOMBRE: Ghelen E. Guevara Sánchez	NOMBRE: Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Miguel Mosquera Moreno		
FECHA:	FECHA:	FECHA:		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS			CODIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034			RCTC-LC-UPNC
PROYECTO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO $f_c=350$ kg/cm ² CON DISTINTOS MÉTODOS DE VIBRACIÓN: POR APISONADO, POR MESA VIBRATORIA O VIBRADOR TIPO AGUJA.			
ID PROBETA:	APISONADO	DIAMETRO (cm):		
FECHA DE ELABORACION:	16 - 05 - 2016	AREA (cm ²):		
FECHA DE ENSAYO:	23 - 05 - 2016	RESPONSABLE:	Ghelen Evarie Guevara Sánchez	
EDAD DE LA PROBETA:	7 Dias	REVISADO POR:	Erick Rafael Muñoz Barboza	
ESFUERZO DEFORMACION P-01				
				
OBSERVACIONES:				
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE		
NOMBRE: Ghelen E. Guevara Sánchez	NOMBRE: Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Miguel Mosquera Moreno		
FECHA:	FECHA:	FECHA:		

A continuación, se detalla el protocolo, el cual está dividido en 3 partes:

- **ENCABEZADO.** Se indican todos los datos del ensayo, el día realizado, la norma, nombre de la investigación, por quien va elaborado y quien es el supervisor del ensayo realizado.
- **CUERPO.** En esta parte se insertan los datos, tablas, y gráficos, de acuerdo al ensayo a realizar.
- **PIE DE PÁGINA.** En la parte inferior van las firmas del responsable del ensayo, responsable de laboratorio y asesor de tesis, acompañado de algunas observaciones de ser el caso.

2.4. Procedimiento

Para la realización de la siguiente investigación se realizaron procedimientos de recolección de datos para luego procesarlos y analizar los resultados. A continuación, se detalla el paso a paso:

A. Obtención de los agregados fino y grueso. La extracción se realizó de manera manual de la cantera Roca Fuerte, ubicada en el Distrito Baños del Inca.

Tabla 3: Coordenadas UTM de la cantera Roca Fuerte.

NORTE	9207555.5
ESTE	779658.9



Fuente: Google maps.

B. Cemento Portland Tipo I, este material se obtuvo de Sodimac.

C. Determinación de las propiedades físico – mecánicas de los agregados, se realizó con la guía de las normas ASTM y NTP, indicados para cada ensayo, a continuación, se detalla:

1. Contenido de humedad. (NTP-339.185-2002, ASTM-C566-97).

1. Materiales:

- Balanza
- Fuente de calor (Horno a temperatura controlada $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$)
- Recipiente para la muestra.
- Agregado fino y grueso de la cantera “Roca Fuerte” del río Chonta.

2. Procedimiento.

Determinar la masa de la muestra en una balanza con precisión del 0.1%. Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula, por un lapso de tiempo de 24 horas. Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.1%. Luego, usar la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad.

Ecuación 1: Contenido de humedad.

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

Donde:

W%: contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D: Masa de la muestra seca en gramos.

2. Análisis granulométrico. (NTP-400.012-2001, ASTM-C136).

1. Materiales:

- Balanza.
- Juego de tamices.
- Horno a temperatura controlada. $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$
- Para agregado fino la cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g como mínimo.

- Para agregado grueso la cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la Tabla 3.

Tabla 4: Cantidad mínima de la muestra del agregado global.

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg.)	Cantidad de la Muestra de Ensayo Mínimo Kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP-400.012-2001

2. Procedimiento.

Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para agregado fino y agregado grueso.

Para agregado fino: secamos la muestra en el horno por 24 horas, luego ordenamos los tamices de mayor a menor (3/8”, N° 4, N°8, N°16, N° 30, N°50, N°100, N° 200 y Cazoleta), colocamos el material en ellos y agitamos, finalmente se pesa el contenido de cada uno de los tamices.

Para agregado grueso: secamos la muestra en el horno por 24 horas, luego ordenamos los tamices de mayor a menor (1 1/2”, 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”, N°4 y Cazoleta), colocamos el material en ellos y agitamos, finalmente pesamos el contenido de cada uno de los tamices.

Realizamos la curva granulométrica:

Ecuación 2. Módulo de finura del agregado fino:

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ Retenido en las mallas } 3/8", N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100}{100} \dots\dots (II)$$

3. Peso específico y absorción del agregado. (NTP-400.021-2013).

✓ **AGREGADO FINO.**

1. Materiales:

- Balanza.
- Fiola.
- Horno a temperatura controlada. 110°C + 5°C
- Tamiz N°4
- Molde cónico
- Varilla para apisonado.
- Taras
- Bandeja
- Agregado fino.
- Agua.

2. Procedimiento:

Pasamos el material por el tamiz N°4, pesamos 1Kg y colocamos en un depósito con agua donde se cubra todo el agregado, lo dejamos reposar por 24 horas. Luego decantamos el agua con cuidado de evitar pérdidas del material para después extenderlo sobre una bandeja y secamos la superficie de las partículas. Realizamos la prueba del cono, llenándolo en 3 capas con 25 golpes por capa, hasta ver el desmoronamiento superficial del agregado, a esto se le conoce como superficie seca. Seleccionamos 500 Gr del material (S), pesamos la fiola con 1000 cm³ de agua (B), luego introducimos el material a la fiola con agua y agitamos por un tiempo máximo de 20 minutos, y pesamos la fiola con agua y agregado (C). Sacamos el material cuidadosamente de la fiola, la colocamos en el horno por 24 horas y luego pesamos el material (A).

✓ **AGREGADO GRUESO.**

1. Materiales:

- Balanza.
- Horno a temperatura controlada. 110°C + 5°C
- Canastilla
- Franela
- Secadora
- Agregado Grueso.

2. Procedimiento:

Lavar el agregado para eliminar partículas pequeñas y secar en el horno, luego en un recipiente con agua sumergir todo el material, dejarlo reposar por 24 horas y secar superficialmente con la franela. En seguida introducimos el agregado en la canastilla metálica y determinamos su peso sumergido en el agua. Finalmente secamos la muestra por 24 horas en el horno y pesamos.

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire, gramos;

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos;

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

Ecuación 3. Peso específico de masa (Pem)

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

Ecuación 4. Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS).

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

Ecuación 5. Peso específico aparente (Pea).

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

Ecuación 6. Peso específico aparente (Pea).

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

4. Peso unitario compactado del agregado. (NTP-400.017-2011).

✓ **COMPACTADO.**

1. Materiales:

- Balanza
- Barra compactadora
- Recipiente de medida
- Pala
- Agregado

2. Procedimiento.

Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; 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 sólo y se registra los pesos con una aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

✓ **SUELTO.**

1. Materiales:

- Balanza
- Barra compactadora
- Pala
- Agregado.

2. Procedimiento.

Se determina la masa del recipiente vacío, luego se llena hasta el borde, se nivela manualmente y se pesa. Se realiza 3 veces el mismo ensayo tanto para agregado fino como para agregado grueso y se saca el promedio.

Ecuación 7. Peso Unitario.

$$PUC = \frac{\text{Peso del agregado}}{V} \dots\dots\dots (VII)$$

Donde:

PUC: Peso Unitario del agregado en kg/m³

V: Volumen de la medida en m³

5. Cono de Abrams. (NTP-339.036-1999).

1. Materiales:

- Cono de abrams
- Varilla con punta redonda
- Mezcla de concreto fresco
- Bandeja
- Pala de laboratorio
- Wincha.

2. Procedimiento.

Se coloca el molde en una superficie plana, se va llenando con la mezcla de concreto en 3 capas, cada una de ellas compactada con 25 golpes con la varilla compactadora en toda la sección de la capa, luego se enrasa con la barra compactadora en el borde del cono. Se retira inmediatamente el molde verticalmente y medimos el asentamiento mediante la diferencia de altura con el cono.

El tiempo transcurrido entre la obtención de la porción inicial y final de una muestra compuesta deberá ser el más corto posible, pero en ningún caso excederá de 15 minutos.

6. Resistencia a la compresión. (NTP-339.036-1999).

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

Ecuación 8. Resistencia a la compresión.

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots (VIII)$$

Donde:

σ : resistencia a la compresión axial

Pmax: Carga de rotura

A: Área de la sección de la probeta

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la tabla 5 se presenta el resumen de las propiedades físicas del agregado fino de la cantera “Roca Fuerte”, las cuales serán utilizadas para el diseño de mezclas.

Tabla 5: Características físicas del agregado fino.

Característica		Valor	Unidad
Peso específico	=	2.78	gr/cm ³
Módulo de finura	=	2.88	
Absorción	=	1.869	%
Humedad	=	5.66	%

En la tabla 6 se presenta el resumen de las propiedades físicas del agregado grueso de la cantera “Roca Fuerte”, las cuales serán utilizadas para el diseño de mezclas.

Tabla 6: Características físicas del agregado grueso.

Característica		Valor	Unidad
TMN	=	3/4"	
Peso específico	=	2.52	gr/cm ³
Peso unitario compactado	=	1552.1	kg/m ³
Absorción	=	1.34	%
Humedad	=	1.534	%

La tabla 7 nos presenta los resultados de la carga última, promedio, desviación estándar y porcentaje de variación de cada probeta ensayada por el método de vibración por apisonado.

Tabla 7: Variación de datos de vibrado por Apisonado.

Tiempo de curado	Probeta	Resistencia		
7 Días	P - 01	265.68	Promedio	277.69
	P - 02	283.84		
	P - 03	281.83	Desviación Estándar	8.54
	P - 04	273.53		
	P - 05	288.72	Variación %	3.07%
	P - 06	272.56		
14 Días	P - 07	337.8	Promedio	338.04
	P - 08	332.74		
	P - 09	331.89	Desviación Estándar	8.15
	P - 10	338.75		
	P - 11	333.41	Variación %	2.41%
	P - 12	353.68		
28 Días	P - 13	420.77	Promedio	410.58
	P - 14	406.56		
	P - 15	423.15	Desviación Estándar	13.98
	P - 16	415.6		
	P - 17	384.71	Variación %	3.40%
	P - 18	412.7		

La tabla 8 nos presenta los resultados de la carga última, promedio, desviación estándar y porcentaje de variación de cada probeta ensayada por el método de vibración con vibrador de concreto tipo aguja.

Tabla 8: Variación de datos de vibrado con Vibrador de concreto tipo aguja.

Tiempo de curado	Probeta	Resistencia		
7 Días	P - 01	336.56	Promedio	327.33
	P - 02	309.49		
	P - 03	341.52	Desviación Estándar	11.6
	P - 04	330.87		
	P - 05	320.16	Variación %	3.54%
	P - 06	325.38		
14 Días	P - 07	388.82	Promedio	376.25
	P - 08	377.81		
	P - 09	368.06	Desviación Estándar	10.67
	P - 10	360.48		
	P - 11	376.44	Variación %	2.83%
	P - 12	385.89		
28 Días	P - 13	467.4	Promedio	455.46
	P - 14	449.83		
	P - 15	461.09	Desviación Estándar	9.7
	P - 16	458.18		
	P - 17	439.48	Variación %	2.13%
	P - 18	456.79		

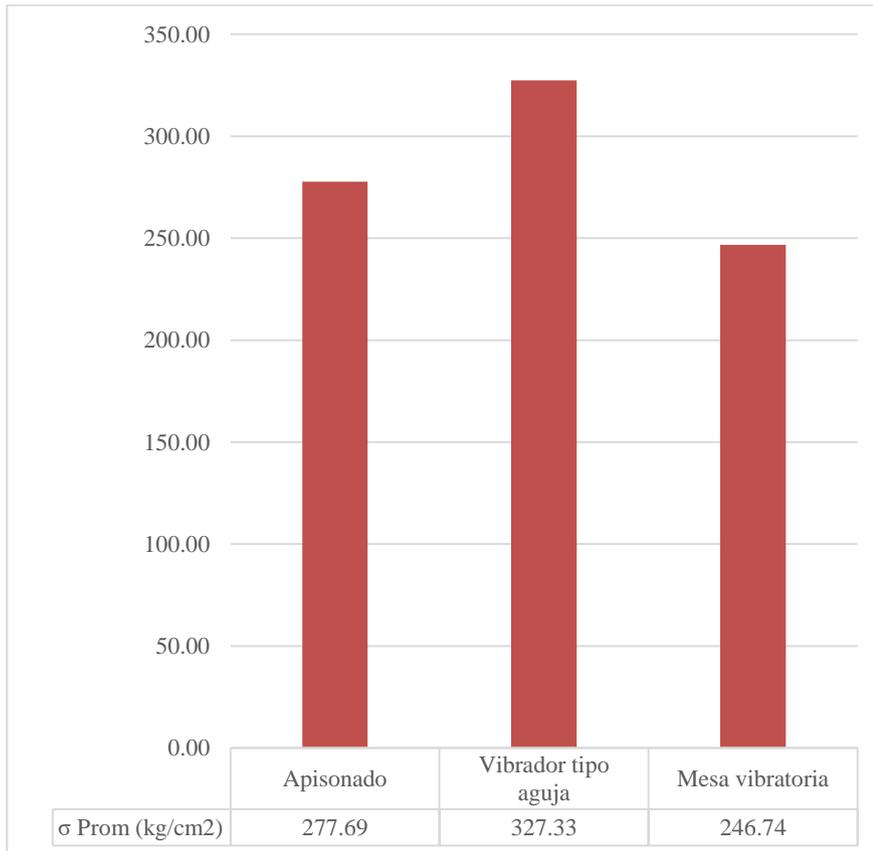
La tabla 9 nos presenta los resultados de la carga última, promedio, desviación estándar y porcentaje de variación de cada probeta ensayada por el método de vibración por mesa vibratoria.

Tabla 9: Variación de datos de vibrado por Mesa vibratoria.

Tiempo de curado	Probeta	Resistencia		
7 Días	P - 01	262.86	Promedio	246.74
	P - 02	246.73		
	P - 03	235.53	Desviación Estándar	8.87
	P - 04	244.77		
	P - 05	245.18	Variación %	3.60%
	P - 06	245.37		
14 Días	P - 07	337.19	Promedio	331.56
	P - 08	327.4		
	P - 09	321.64	Desviación Estándar	5.86
	P - 10	333.81		
	P - 11	334.28	Variación %	1.77%
	P - 12	335.02		
28 Días	P - 13	385.36	Promedio	385.86
	P - 14	390.73		
	P - 15	385.64	Desviación Estándar	5.78
	P - 16	387.48		
	P - 17	375.11	Variación %	1.50%
	P - 18	390.83		

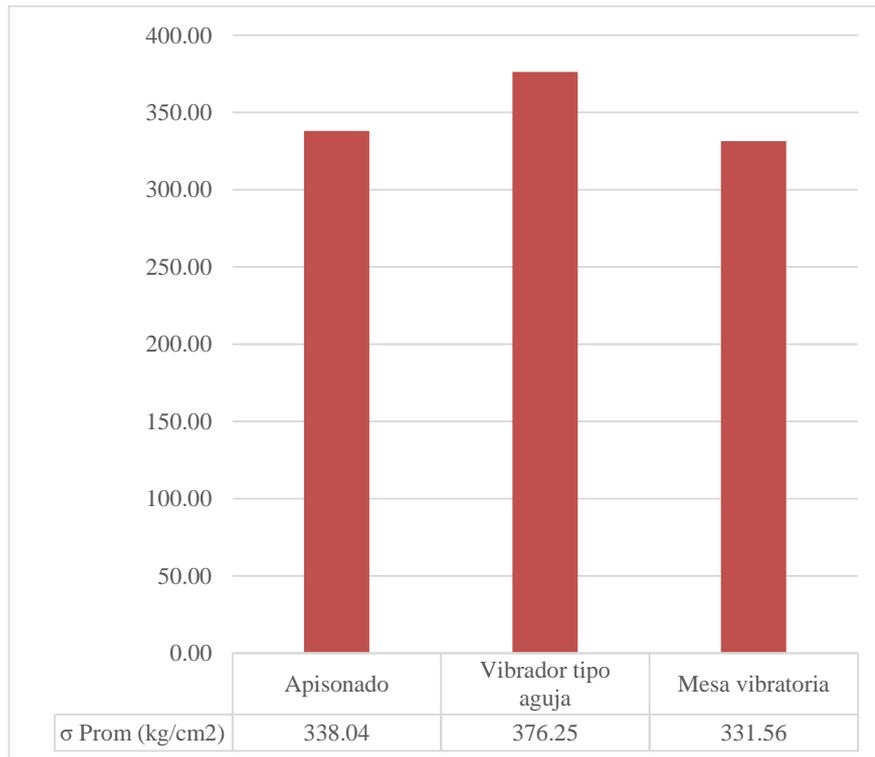
En la figura 1, comparamos la resistencia promedio a 7 días de los 3 métodos de vibrado del concreto, realizados para esta investigación, en el que se interpreta que el más alto valor lo da el método de vibrador de concreto tipo aguja.

Gráfico 1: Comparación de la resistencia promedio del concreto endurecido a los 7 días.



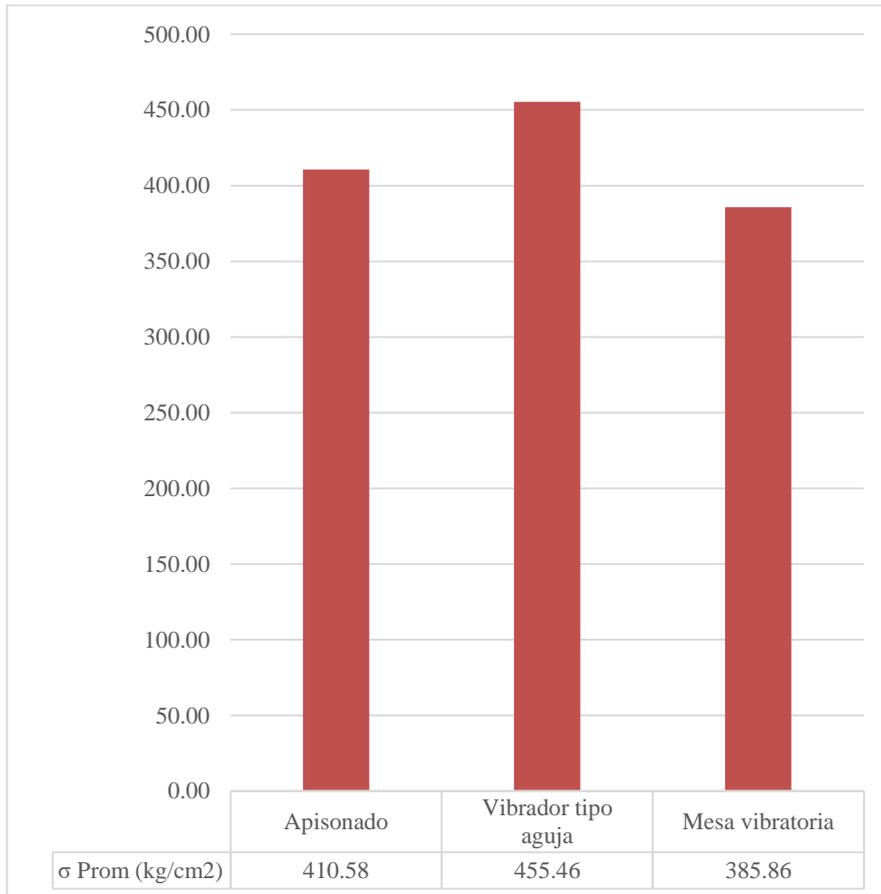
En la figura 2, comparamos la resistencia promedio a 14 días de los 3 métodos de vibrado del concreto, realizados para esta investigación, en el que se interpreta que el más alto valor lo da el método de vibrador de concreto tipo aguja.

Gráfico 2: Comparación de la resistencia promedio del concreto endurecido a los 14 días.



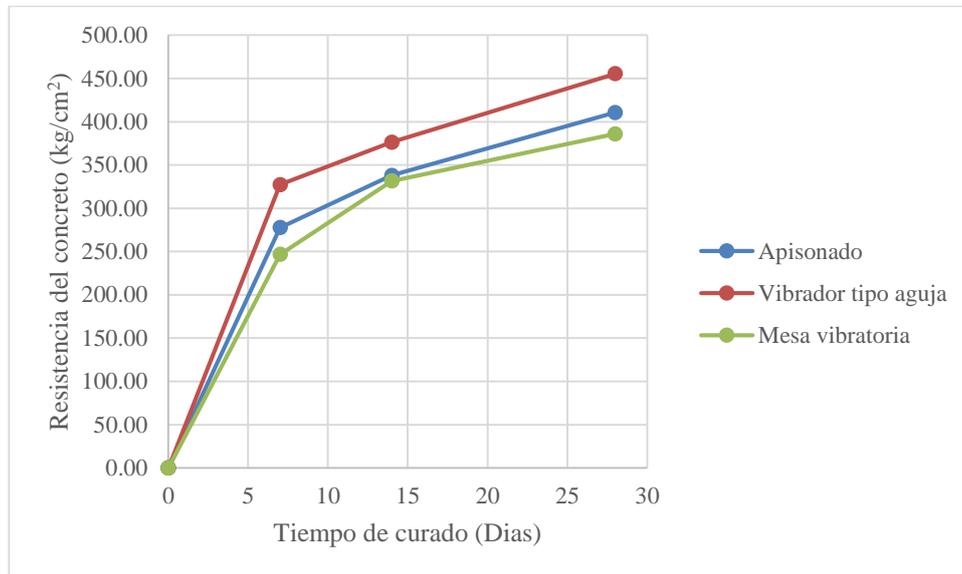
En la figura 3, comparamos la resistencia promedio a 28 días de los 3 métodos de vibrado del concreto, realizados para esta investigación, en el que se interpreta que el más alto valor lo da el método de vibrador de concreto tipo aguja.

Gráfico 3: Comparación de la resistencia promedio del concreto endurecido a los 28 días.



En la figura 4, graficamos la variación de la resistencia promedio a 7, 14 y 28 días de los 3 métodos de vibrado del concreto, realizados para esta investigación.

Gráfico 4: Resistencia alcanzada con cada método de vibrado del concreto.



En las tablas 10, 11 y 12 se comparan los porcentajes de la variación de la resistencia en los distintos tiempos de curado, con respecto a la muestra patrón la cual hemos considerado al concreto vibrado por apisonado.

Tabla 10: Comparación del porcentaje de variación de las resistencias a 7 días.

TIPO DE VIBRADO	RESISTENCIA	% COMPARATIVO
Apisonado	277.69	100%
Vibrador de concreto tipo aguja	327.33	117.88%
Mesa Vibratoria	246.74	88.85%

Tabla 11: Comparación del porcentaje de variación de las resistencias a 14 días.

TIPO DE VIBRADO	RESISTENCIA	% COMPARATIVO
Apisonado	338.04	100%
Vibrador de concreto tipo aguja	376.25	111.30%
Mesa Vibratoria	331.56	98.08%

Tabla 12: Comparación del porcentaje de variación de las resistencias a 28 días.

TIPO DE VIBRADO	RESISTENCIA	% COMPARATIVO
Apisonado	410.58	100%
Vibrador de concreto tipo aguja	455.46	110.93%
Mesa Vibratoria	385.86	93.98%

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

- A) En la tabla 12, se compara el porcentaje de la resistencia a la compresión del concreto por los 3 métodos seleccionados, teniendo como muestra patrón el método de apisonado, dando como resultado que las probetas con mayor resistencia son las probetas ensayadas con vibrador de concreto tipo aguja en un 10.93%, este resultado es similar al de la investigación realizada por Ricardo Barahona Sánchez, en el año 2015, donde concluye que un concreto vibrado con vibrador tipo aguja resiste más que por apisonado para tiempos de curado de 7, 14 y 21 días.
- B) En las tablas 10 y 11 se compara los porcentajes de la resistencia a la compresión del concreto a 7 y 14 días, donde se observa que los resultados son similares a los de 28 días, las probetas vibradas con vibrador de concreto tipo aguja son mayores a las de apisonado en un 17.88% y 11.30%, mientras que las probetas vibradas con mesa vibratoria tienen una menor resistencia a las de apisonado en un 11.15% y 1.92%.
- C) En la tabla 7, se muestra el resumen de las propiedades físicas del agregado fino, las cuales cumplen con las normas ASTM establecidas para cada ensayo, con estos datos se realizó el diseño de mezcla utilizado para esta investigación.
- D) En la tabla 8, se muestra el resumen de las propiedades físicas del agregado grueso, las cuales cumplen con las normas ASTM establecidas para cada ensayo, con estos datos se realizó el diseño de mezcla utilizado para esta investigación.
- E) En las tablas 7, 8 y 9 se observa las resistencias de las probetas ensayadas a 7, 14 y 28 días de cada método de vibrado usado para esta investigación, a su vez se verificó que cumple con la variación máxima de datos del 10%.
- F) Los resultados obtenidos en la Figura 4, nos indica que el concreto vibrado con Vibrador de concreto tipo aguja, presentan mayor resistencia a compresión axial respecto a los métodos apisonado y mesa vibratoria, en sus distintos tiempos de curado.

4.2. Conclusiones

1. Se cumple la hipótesis planteada, es decir el concreto vibrado con Vibrador de concreto tipo aguja resiste más en un 10.93% que vibrarlo por apisonado.
2. Al evaluarse las propiedades físico-mecánicas de los agregados de la cantera “Roca Fuerte”, se concluye que cumplen con los parámetros dados por las normas ASTM para realizar el diseño de mezclas utilizado para esta investigación.
3. Los resultados obtenidos nos indican que el concreto vibrado por Apisonado resisten menos que con vibrador de concreto tipo aguja, sin embargo, es mayor con respecto a las probetas vibradas por mesa vibratoria, ensayadas a los 7, 14 y 28 días.
4. Al vibrar el concreto con mesa vibratoria, se obtiene una resistencia promedio de 385.86 kg/cm^2 curada a 28 días, lo cual representa un 6.02% menos que el método de apisonado.

REFERENCIAS

- Aguilar Beltran, O. E., Rodriguez Mejia, E. A., & Sermeño Monge, M. J. (Julio de 2009). RESISTENCIA DEL CONCRETO A EDADES TEMPRANAS BAJO LA NORMA ASTM C 1074, EN VIVIENDAS DE CONCRETO COLADAS EN EL SITIO. El Salvador.
- Alberti, M., Enfedaque, A., & Gálvez, J. (3 de Abril de 2015). *Comparison between polyolefin fibre reinforced vibrated conventional concrete and self-compacting concrete*. Pais.
- Anguiano Gomez, J. R., & Perez Fletes, M. O. (2013). *La importancia del concreto como material de construccion*. Mexico.
- Arana, M. C. (Agosto de 2016). *Centro de Innovación Tecnológica para la Construcción (CiTeC)*. Obtenido de <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/agosto2016/experto.pdf>
- ARQUBA. (2016). *ARQUBA*. Obtenido de <http://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/concreto-2/>
- ASOCEM. (26 de Junio de 2017). *ASOCEM*. Obtenido de Asociacion de Productores de Cementos del Peru: <http://www.asocem.org.pe/>
- ASOCRETO. (2010). *ASOCRETO*.
- ASTM. (2014). *ASTM C1170 - Standard Test Method for Determining Consistency and Density of Roller-Compacted Concrete Using a Vibrating Table*.
- Barahona, R. (2015). Estudio comparativo de resistencia en probetas compactadas por distinto metodo de apisonado. Lima, Peru.
- Blog Cementos Inka. (07 de Enero de 2017). *Cementos Inka*. Obtenido de <http://www.cementosinka.com.pe/blog/produccion-cemento-mundo/>
- Catalá, E. A. (29 de Diciembre de 2014). *ALARIO*. Obtenido de <https://enriquealario.com/la-importancia-de-un-buen-vibrado-del-hormigon/>
- CEMEX. (2017). *CEMEX*. Obtenido de <http://archive.cemex.com/ES/ProductosServicios/Cemento.aspx>
- Club Unimaq. (2017). *Club Unimaq*. Obtenido de <http://www.clubunimaq.com.pe/que-es-el-vibrado-de-concreto/>
- Construmatica. (2015). *Construmatica. Megaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Obtenido de <http://www.construmatica.com/construpedia/Cemento>
- Dinakar, P., & Nadesan, M. (23 de Junio de 2017). *Permeation properties of high strength self-compacting and vibrated concretes*. India.
- Holschemacher, K., Junker, F., & Mueller, T. (10 de Mayo de 2013). *Investigation of Shear Transfer between Vibrated and Self-Consolidating Concrete in Precast Reinforced Concrete Constructions*. Alemania.
- Huanca, S. L. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Puno, Peru.
- IDC. (2015). *Ingeniero de Caminos*. Obtenido de <https://ingeniero-de-caminos.com/vibrado-del-hormigon/>
- IMCyC. (Diciembre de 2000). Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. *Revista Construcción y Tecnología*.

- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2007). *La relacion agua cemento. La relacion agua cemento*. Mexico.
- Martínez Nieto, A. F. (2016). *Diseño de mezcla de concreto método ACI*.
- Ordoñez, J., Lopez, L., & Torres, N. (Noviembre de 2012). *Concreto Informatica*. Obtenido de <http://concretoinformatica.blogspot.pe/2012/10/definicion-del-concreto.html>
- Osorio, J. D. (2013). *Blog 360° en concreto*. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/disenio-de-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos/>
- Paraic C., R., & O'Connor, A. (26 de Mayo de 2016). *Comparing the durability of self-compacting concretes and conventionally vibrated concretes in chloride rich environments*. Irlanda.
- Pinto, A. (2014). *Ingenieria Real*. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/curado-concreto/>
- PUCCL. (2016). *Laboratorio virtual de ensayo de materiales*. Obtenido de http://www7.uc.cl/sw_educ/construccion/materiales/html/lab_h/hormigon6.html
- Rivera, G. A. (2014). *Concreto Simple*. Cauca.
- Rodríguez, J. A. (2003). *IMCYC*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/cyt/febrero03/autocompactable.htm>
- Silva, O. J. (16 de Enero de 2016). Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/la-importancia-del-vibrado-en-el-concreto/>
- Silva, O. J. (Noviembre de 2016). *Blog 360° en Concreto*. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/conociendo-las-propiedades-fisicas-del-cemento/>
- UMACON. (28 de Febrero de 2018). *UMACON*. Obtenido de <http://www.umacon.com/noticia.php/es/5-pasos-para-buen-vibrado-hormigon-cemento/446>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE: MÉTODOS DE VIBRADO	Es un procedimiento de construcción que busca eliminar los vacíos existentes dentro de la mezcla de concreto y lograr así una mayor compactación de la misma. (Club Unimaq, 2017)	Vibrador tipo aguja	Tiempo	Segundos	Protocolo
		Apisonado	Cantidad	Unidad	Protocolo
		Mesa vibratoria	Tiempo	Segundos	Protocolo
DEPENDIENTE: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Es aquella relación entre una fuerza máxima aplicada y el área actuante de una probeta (ASTM C-39)	Resistencia a la compresión	Esfuerzo	Kg/cm ²	Compresómetro
	Deformación		mm		

Anexo 2: Matriz de Consistencia.

Planteamiento del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Muestra	Diseño	Instrumento	Estadística
<i>Pregunta General</i>	<i>Objetivo General</i>	<i>Hipótesis General</i>	<i>Variable 1:</i>	<i>Población</i>			
¿Con cuál de los métodos de vibración del concreto: por apisonado, mesa vibratoria o por vibrador tipo aguja genera mayor resistencia a la compresión con $f'_c=350$ kg/cm ² ?	Determinar cuál de los métodos de vibración: por apisonado, por mesa vibratoria o vibrador tipo aguja, genera mayor resistencia a la compresión en un concreto $f'_c=350$ kg/cm ² .	El método de vibración que genera mayor resistencia a la compresión del concreto $f'_c=350$ kg/cm ² es el vibrador tipo aguja en más del 5%.	Métodos de Vibrado: por apisonado, por mesa vibratoria y por vibrador de concreto tipo aguja	Concreto diseñado por el método ACI con $f'_c=350$ kg/cm ² con distintos métodos de vibración, elaboradas con agregado de la cantera el río chonta. Muestra: 6 en cada resistencia y por cada método de compactación a los 7, 14 y 28 días	La investigación es Experimental	Instrumentos para la realización de las probetas Ficha para la recolección de datos	Determinación del esfuerzo a compresión.
	<i>Objetivos Específicos</i>		<i>Variable 2:</i>				
	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar las propiedades físico - mecánicas de los agregados de la cantera Roca Fuerte. Determinar la resistencia a la compresión del concreto mediante el método de vibrado por apisonado. • Determinar la resistencia a la compresión del concreto vibrado por mesa vibratoria. • Determinar la resistencia a la compresión del concreto utilizando vibrador tipo aguja. • Comparar los resultados de a la resistencia a la compresión del concreto con distintos métodos de vibración. 		Resistencia a la compresión: $f'_c=350$ kg/cm ²				

Anexo 3: Propiedades físicas de los agregados.

Tabla 13: Contenido de humedad del agregado fino.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		T-1	T-2	T-3
B	Peso del Recipiente	gr	70.6	72.9	83.1
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	1081.4	1083.7	1091.4
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	1025.3	1026.1	1033.5
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr	1010.8	1010.8	1008.3
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	954.7	953.2	950.4
W%	Porcentaje de humedad $((E - F)/F) * 100$	%	5.55	5.698	5.742
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		5.664	

Fuente: Propia.

Tabla 14: Contenido de humedad del agregado grueso.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		T-1	T-2	T-3
B	Peso del Recipiente	gr	70.6	70.6	70.6
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	1098.81	1054.07	1028.52
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	1084.52	1037.8	1013.6
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr	1028.21	983.47	957.92
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	1013.92	967.2	943
W%	Porcentaje de humedad $((E - F) / F) * 100$	%	1.39	1.654	1.558
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		1.534	

Fuente: Propia.

Tabla 15: Granulometría del agregado grueso.

MUESTRA		8000				
TAMIZ	ABERTUR A	PESO RETENID O	PESO COMPENSAD O	% RETENID O	% ACUMULAD O	% QUE PAS A
1 1/2"	25	0	0	0%	0%	100%
1"	25	0	0	0%	0%	100%
3/4"	19	2052	2053.23	26%	26%	74.33 %
1/2"	12.7	3711.04	3713.27	46%	72%	27.92 %
3/8"	9.5	1226.07	1226.81	15%	87%	12.58 %
N° 4	4.75	1006.08	1006.68	13%	100%	0%

Fuente: Propia.

Tabla 16: Husos granulométricos del agregado grueso.

TAMIZ	ABERTURA	HUSO INFERIOR	HUSO SUPERIOR
1 1/2"	25	100%	100%
1"	25	90%	100%
3/4"	19	40%	85%
1/2"	12.7	10%	40%
3/8"	9.5	0%	15%
N° 4	4.75	0%	5%

Gráfico 5: Curva granulométrica del agregado grueso.

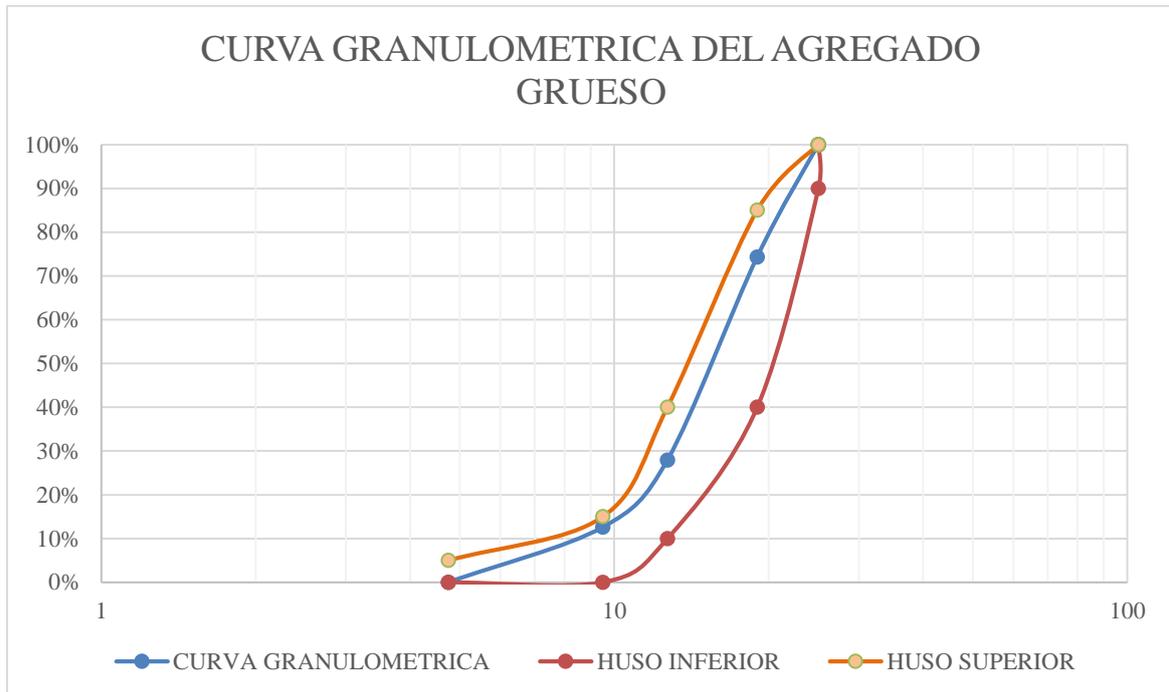


Tabla 17: Granulometría del agregado fino.

MUESTRA	1500				
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%ACUMULADO	%QUE PASA
N° 4	4.75	266.61	17.66%	17.66%	82.34%
N° 8	2.36	267.31	17.70%	35.36%	64.64%
N° 16	1.18	197.34	13.07%	48.43%	51.57%
N° 30	0.6	191.72	12.70%	61.12%	38.88%
N° 50	0.3	298.53	19.77%	80.89%	19.11%
N° 100	0.15	171.95	11.39%	92.28%	7.72%
N° 200	0.075	84.92	5.62%	97.91%	2.09%
CAZOLETA		31.62	2.09%	100%	0%

Fuente: Propia.

Tabla 18: Husos granulométricos del agregado fino.

TAMIZ	ABERTURA	HUSO INFERIOR	HUSO SUPERIOR
N° 4	4.75	95%	100%
N° 8	2.36	80%	100%
N° 16	1.18	50%	85%
N° 30	0.6	25%	60%
N° 50	0.3	10%	30%
N° 100	0.15	2%	10%

Gráfico 6: Curva granulométrica del agregado fino.

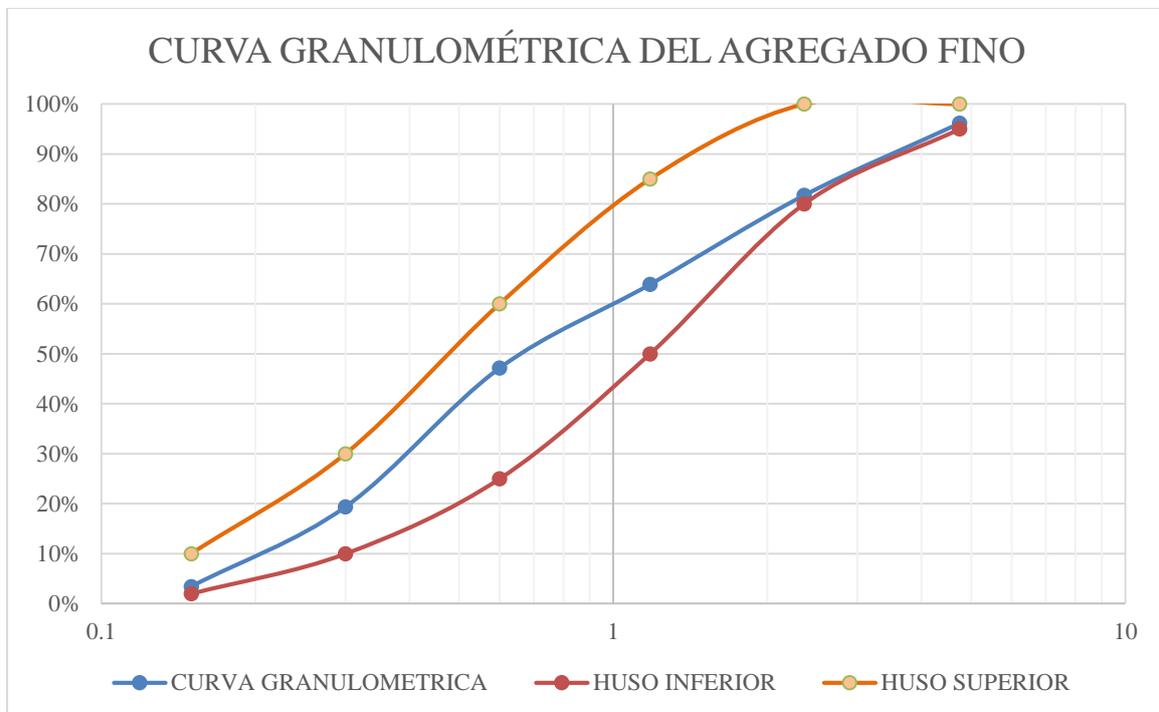


Tabla 19: Peso específico del agregado fino.

ID	DESCRIPCION	UND	T - 1	T - 2	T - 3	RESULTADO PROMEDIO
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo (Pss)	gr	500	500	500	
B	Peso del frasco + agua hasta marca de 500ml	gr	1295.9	1277.7	1277	
C	Peso del frasco + agua + Pss , $C = A + B$	gr	1795.9	1777.7	1777	
D	Peso del frasco + Pss + agua hasta la marca de 500ml	gr	1601.4	1595.2	1596.1	
E	Volumen de masa + volumen de vacío, $E = C - D$	cm ³	194.5	182.5	180.9	
F	Peso seco del suelo (Secado en estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)	gr	495.3	490	487.25	
G	Volumen de masa, $G = E - (A - F)$	cm ³	189.8	172.5	168.15	
H	Peso específico bulk (base seca), $H = F / E$	gr/cm ³	2.547	2.685	2.693	2.64
I	Peso específico (base saturada), $I = A / E$	gr/cm ³	2.571	2.74	2.764	2.69
J	Peso específico aparente (base seca), $J = F / G$	gr/cm ³	2.61	2.841	2.898	2.78
K	Absorción, $K = (A - F / F) * 100$	%	0.95%	2.04%	2.62%	1.87%

Fuente: Propia.

Tabla 20: Peso específico del agregado grueso.

ID	DESCRIPCION	UND	T - 1	T - 2	T - 3	RESULTADO PROMEDIO
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo en aire	gr	4000	4000	4000	
B	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo en agua	gr	2375.2	2380.1	2377.82	
C	Volumen de masa + volumen de vacío, $C = A - B$	gr	1624.8	1619.9	1622.18	
D	Peso seco del suelo (Secado en estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)	gr	3945.28	3949.89	3946.15	
E	Volumen de masa, $E = C - (A - D)$	cm ³	1570.08	1569.79	1568.33	
F	Peso específico bulk (base seca), $F = D / C$	gr	2.43	2.44	2.43	
G	Peso específico (base saturada), $G = A / C$	cm ³	2.46	2.47	2.47	
H	Peso específico aparente (base seca), $H = D / E$	gr/cm ³	2.51	2.52	2.52	2.52
I	Absorción, $K = (A - D / D) * 100$	gr/cm ³	1.39%	1.27%	1.36%	1.34%

Fuente: Propia.

Tabla 21: Diseño de Mezcla $f'_c=350$ kg/cm²

PARÁMETROS DE DISEÑO:

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

No se cuenta con datos de la desviación

Slump: 3" - 4"

Concreto sin aire incorporado

Cemento Pacasmayo	TIPO 1	
Peso específico	3.12	gr/cm ³

PARÁMETROS	A. Fino	A. Grueso
P. Volumétrico compactado	1523.34	1552.14
Peso Específico seco	2.78	2.52
Contenido Humedad	5.66%	1.53%
Porcentaje Absorción	1.87%	1.34%
Módulo Fineza	2.88
F'cr	434	kg/cm ²
Plástico	3 a 4	Pulgadas
Volumen	205	lts/m ³
Aire Atrapado	2%	Por ciento

$$a/c = 0.396$$

$$f'_{cr} = 400 \quad 0.43$$

$$f'_{cr} = 450 \quad 0.38$$

$$f'_{cr} = 434 \quad 0.396$$

FACTOR CEMENTO

$$C=\text{agua}/a.c \quad 517.676768 \text{ kg/m}^3$$

C=agua/a.c 12.1806298 bls/m³

CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

PUSC 1523.6559 kg/m³

MF = 3 0.60

MF = 2.8 0.62

MF = 2.88 0.612

Peso agregado seco 932.477411 kg/m³

CALCULO DEL VOLUMENES ABSOLUTOS POR M3

CEMENTO: 0.166

AGUA 0.205 m³

Aire 0.015 m³

A.G.seco 0.370 m³

Total 0.756 m³

A.F.seco 0.244 m³

VALORES DISEÑO DE MEZCLAS EN PESO, SIN CORRECCIÓN POR HUMEDAD:

CEMENTO: 517.68 kg/m³

AGUA DISEÑO: 205.00 lts/m³

A.FINO: 678.45 kg/m³

A.GRUESO 932.48 kg/m³

VALORES POR CORRECCION:

Corrección Agregado Fino 38.427

W% = 5.66%

Corrección Agregado

Grueso 14.304

$$W\% = 1.53\%$$

Corrección por agua

Agregado Fino: 3.80% 25.747

$$W\% = 5.66\%$$

$$\text{Abs \%} = 1.87\%$$

Agregado Grueso: 0.19% 1.809

$$W\% = 1.53\%$$

$$\text{Abs \%} = 1.34\%$$

CEMENTO: 517.677 kg/m³
 AGUA DISEÑO: 177.444 lts/m³
 A.FINO: 716.879 kg/m³
 A.GRUESO 946.782 kg/m³

1	1.38	1.83	0.343
Cemento	A. fino	A. grueso	Agua

PESO POR TANDE DE UNA BOLSA:

CEMENTO 42.500 kg/m³
 A.FINO 58.854 kg/m³
 A.GRUESO 77.728 kg/m³
 AGUA EFECTICA 14.568 lts/m³

PESO TOTAL: 193.650

RENDIMIENTO: 0.0807

Numero de tandas por m³: 12.3934829

GREGADOS POR VOLUMEN:

CEMENTO 526.723025 Kg

AGREDADO FINO	729.406069 Kg
AGREDADO GRUESO	963.326359 Kg
AGUA	180.544546 Lts

CALCULO DE % ADICIONAL POR 10% = 1.10

CEMENTO	579.395328 Kg
AGREDADO FINO	802.346676 Kg
AGREDADO GRUESO	1059.659 Kg
AGUA	198.599001 Lts

Fuente: Propia.

Tabla 22: Resistencia a la compresión del concreto vibrado por Apisonado.

Edad	Probeta	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga Max (kg)	σ (kg/cm ²)	σ Prom (kg/cm ²)	Resistencia σ (%)	σ (%) Promedio	Resistencia Mínima (ACI) (%)
7 Días	P - 01	15.2	181.46	48210	265.681	277.693	75.91%	79.34 %	70%
	P - 02	15.15	180.27	51167	283.841		81.10%		
	P - 03	15.2	181.46	51141	281.833		80.52%		
	P - 04	15.3	183.85	50289	273.527		78.15%		
	P - 05	15.2	181.46	52390	288.716		82.49%		
	P - 06	15.2	181.46	49458	272.558		77.87%		
	P - 07	14.8	172.03	58113	337.8		96.51%		
14 Días	P - 08	15.1	179.08	59587	332.742	338.044	95.07%	96.58 %	86%
	P - 09	15	176.71	58650	331.891		94.83%		
	P - 10	15.1	179.08	60662	338.745		96.78%		
	P - 11	15.05	177.89	59312	333.411		95.26%		
	P - 12	14.85	173.2	61256	353.676		101.05%		
	P - 13	14.9	174.37	73368	420.77		120.22%		
	P - 14	15.2	181.46	73774	406.562		116.16%		
28 Días	P - 15	15.15	180.27	76280	423.151	410.581	120.90%	117.31 %	100%
	P - 16	15.3	183.85	76409	415.596		118.74%		
	P - 17	15.15	180.27	69351	384.714		109.92%		
	P - 18	15.2	181.46	74887	412.695		117.91%		

Fuente: Propia.

Tabla 23: Resistencia a la compresión del concreto vibrado por Vibrador de concreto tipo aguja.

Edad	Probeta	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga Max (kg)	σ (kg/cm ²)	σ Prom (kg/cm ²)	Resistencia σ (%)	σ (%) Promedio	Resistencia Mínima (ACI) (%)
7 Días	P - 01	15.2	181.46	61072	336.562	327.331	96.16%	93.52%	70%
	P - 02	15.2	181.46	56160	309.492		88.43%		
	P - 03	15.1	179.08	61159	341.52		97.58%		
	P - 04	15.1	179.08	59251	330.866		94.53%		
	P - 05	15.2	181.46	58096	320.162		91.47%		
	P - 06	14.95	175.54	57117	325.382		92.97%		
	P - 07	15.05	177.89	69169	388.82		111.09%		
14 Días	P - 08	14.85	173.2	65436	377.81	376.251	107.95%	107.50%	86%
	P - 09	14.9	174.37	64178	368.064		105.16%		
	P - 10	15.2	181.46	65413	360.485		103.00%		
	P - 11	15.1	179.08	67412	376.438		107.55%		
	P - 12	15.1	179.08	69104	385.886		110.25%		
	P - 13	15	176.71	82597	467.403		133.54%		
	P - 14	15.2	181.46	81626	449.833		128.52%		
28 Días	P - 15	15.3	183.85	84774	461.094	455.465	131.74%	130.13%	100%
	P - 16	14.85	173.2	79356	458.181		130.91%		
	P - 17	15	176.71	77663	439.483		125.57%		
	P - 18	14.95	175.54	80185	456.795		130.51%		

Fuente: Propia.

Tabla 24: Resistencia a la compresión del concreto vibrado por Mesa Vibratoria.

Edad	Probeta	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	Carga Max (kg)	σ (kg/cm^2)	σ Prom (kg/cm^2)	Resistencia σ (%)	σ (%) Promedio	Resistencia Mínima (ACI) (%)
7 Días	P - 01	14.9	174.37	45834	262.861	246.74	75.10%	70.50%	70%
	P - 02	14.9	174.37	43022	246.734		70.50%		
	P - 03	14.9	174.37	41069	235.533		67.30%		
	P - 04	15.2	181.46	44415	244.767		69.93%		
	P - 05	14.9	174.37	42751	245.179		70.05%		
	P - 06	15	176.71	43360	245.367		70.10%		
	P - 07	14.9	174.37	58794	337.187		96.34%		
14 Días	P - 08	15.05	177.89	58243	327.402	331.556	93.54%	94.73%	86%
	P - 09	15	176.71	56838	321.637		91.90%		
	P - 10	15.1	179.08	59779	333.814		95.38%		
	P - 11	15.05	177.89	59466	334.276		95.51%		
	P - 12	15	176.71	59203	335.02		95.72%		
	P - 13	15	176.71	68098	385.356		110.10%		
	P - 14	15.2	181.46	70902	390.734		111.64%		
28 Días	P - 15	15.3	183.85	70902	385.643	385.859	110.18%	110.25%	100%
	P - 16	14.85	173.2	67111	387.481		110.71%		
	P - 17	15	176.71	66288	375.113		107.18%		
	P - 18	14.95	175.54	68605	390.826		111.66%		

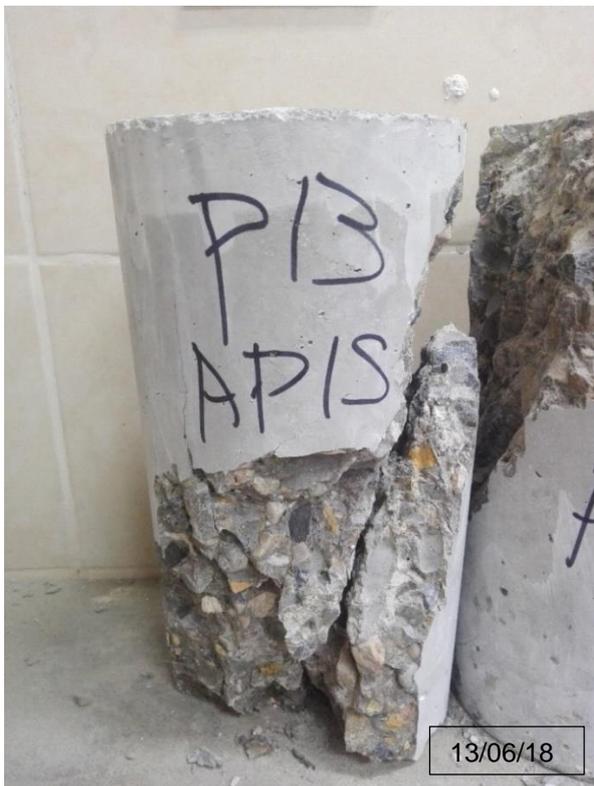
Fuente: Propia.

Anexo 4: Rotura de probetas de concreto.

Fotografía 1: Fractura presentada en la probeta N° 10 vibrada por Apisonado a los 14 días.



Fotografía 2: Fractura presentada en la probeta N° 13 vibrada por Apisonado a los 28 días.



Fotografía 3: Fractura presentada en la probeta N° 13 vibrada por Vibrador tipo aguja a los 28 días.



Fotografía 4: Fractura presentada en la probeta N° 17 vibrada por Vibrador tipo aguja a los 28 días.



Fotografía 5: Fractura presentada en la probeta N° 08 vibrada por Mesa vibratoria a los 14 días.



Fotografía 6: Fractura presentada en la probeta N° 16 vibrada por Mesa vibratoria a los 28 días.



Fotografía 7: Rotura de probetas en laboratorio con apoyo del laboratorista y del asesor de mi investigación.



Fotografía 8: Rotura de probetas en laboratorio con apoyo del laboratorista y del asesor de mi investigación.



Fotografía 9: Rotura de probetas en laboratorio con apoyo del asesor de mi investigación.



Anexo 5: Ensayos de los agregados de la cantera “ROCA FUERTE”.

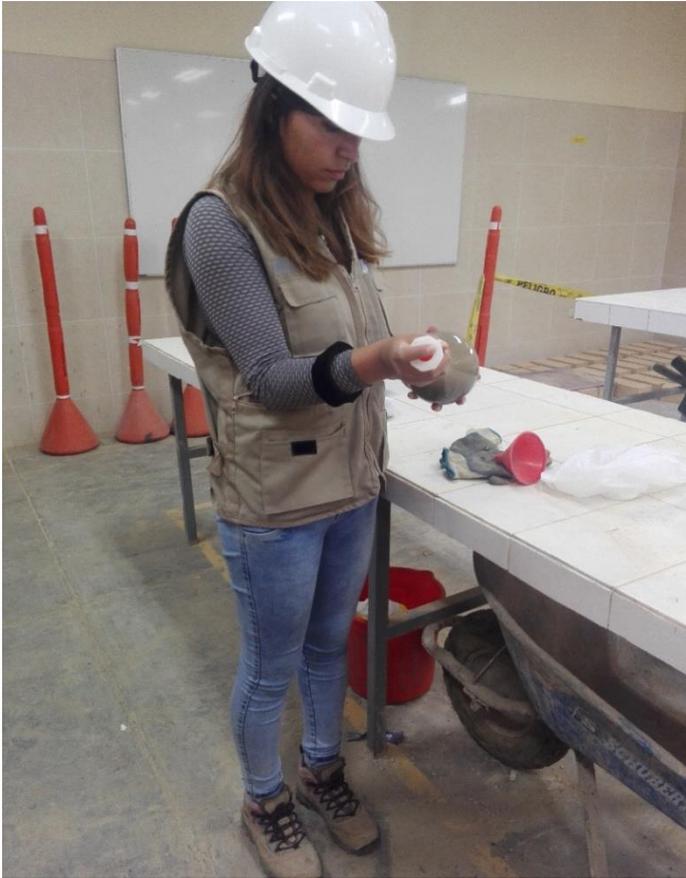
Fotografía 10: selección de material para contenido de humedad.



Fotografía 11: Peso específico del agregado grueso.



Fotografía 12: Peso específico del agregado fino.



Fotografía 13: Peso volumétrico de los agregados.



Fotografía 14: Granulometría de los agregados.

