



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo  
un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz,  
2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Norabuena Chavez, Giancarlo Uldarico ([orcid.org/0000-0001-9786-3328](https://orcid.org/0000-0001-9786-3328) )

**ASESORA:**

M(o). De La Cruz Vega, Sleyther Arturo ([orcid.org/0000-0003-0254-301X](https://orcid.org/0000-0003-0254-301X) )

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LINEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

HUARAZ – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

El presente trabajo lo dedico a la mujer que me dio la vida, mi madre, que siempre estuvo presente a lo largo de mi formación profesional, apoyándome en todas las formas posibles, para seguir adelante y no darme por vencido en el camino, a mi difunto padre que nuestro señor lo tenga en su gloria, sé que siempre está velando por mí y especialmente a mi hija Dayneris, quien es mi motor y motivo para seguir adelante en la vida.

*El autor*

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradezco a Dios por darme la dicha y oportunidad de superarme como persona, a la Universidad Cesar Vallejo por acogerme en su seno, a mis hermanos, hermanas, familiares y a mi asesor por guiarme en la elaboración del presente trabajo.

*El autor*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I.- INTRODUCCIÓN	13
II- MARCO TEÓRICO	18
III- METODOLOGÍA	44
3.1. Tipo y diseño de investigación:	44
3.2. Variables y Operacionalización:	45
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:	45
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	46
3.5. Procedimientos:	47
3.6. Método de análisis de datos:	48
3.7. Aspectos éticos:	48
IV- RESULTADOS	49
V- DISCUSIÓN	87
VI- CONCLUSIONES	92
VII- RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS	95
ANEXOS	101
ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables	102

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Composición química de un cemento portland ordinario .....	23
<b>Tabla 2.</b> Límites de granulometría según el A.S.T.M. ....	28
<b>Tabla 3.</b> Requisitos granulométricos del agregado grueso .....	29
<b>Tabla 4.</b> Clases de mezclas según su asentamiento .....	34
<b>Tabla 5.</b> Composición de vidrios comunes (en porcentaje en peso).....	39
<b>Tabla 6.</b> Numero de probetas cilíndricas de (6"x12") requeridos para la investigación.....	46
<b>Tabla 7.</b> Relación a/c para las dosificaciones de concreto .....	49
<b>Tabla 8.</b> Asentamiento de concreto (Slump) para las dosificaciones de concreto	51
<b>Tabla 9.</b> Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de curado.....	53
<b>Tabla 10.</b> Resistencia a la compresión a los 14 días de curado .....	55
<b>Tabla 11.</b> Resistencia a la compresión a los 28 días de curado .....	57
<b>Tabla 12.</b> Resumen de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado .....	59
<b>Tabla 13.</b> Resistencia a la compresión de los concretos respecto al tiempo de curado .....	61
<b>Tabla 14.</b> Control de aceptación del concreto - ACI 318.....	62
<b>Tabla 15.</b> Datos de relación a/c y % de vidrio reciclado molido .....	64
<b>Tabla 16.</b> Análisis descriptivo de los datos de relación a/c corregido y % de vidrio reciclado molido .....	64
<b>Tabla 17.</b> Análisis de normalidad para datos de relación a/c corregido y % de vidrio reciclado molido.....	65
<b>Tabla 18.</b> Valores del Coeficiente de correlación de Pearson .....	66
<b>Tabla 19.</b> Resumen del modelo de regresión lineal .....	66
<b>Tabla 20.</b> Coeficientes de regresión lineal .....	67
<b>Tabla 21.</b> Prueba de hipótesis ANOVA para los valores de % de vidrio reciclado molido y relación a/c corregido.....	68
<b>Tabla 22.</b> Datos de % de VRM (vidrio reciclado molido) y asentamiento para la prueba de hipótesis.....	68

<b>Tabla 23.</b> Análisis descriptivo de los datos de % de vidrio reciclado molido y asentamiento del concreto fresco.....	69
<b>Tabla 24.</b> Análisis de normalidad de los datos de % de vidrio reciclado molido y asentamiento del concreto fresco.....	69
<b>Tabla 25.</b> Resumen del modelo de regresión lineal para % de VRM (vidrio reciclado molido) y asentamiento del concreto.....	70
<b>Tabla 26.</b> Coeficientes de regresión lineal para % de VRM (vidrio reciclado molido) y asentamiento del concreto.....	71
<b>Tabla 27.</b> Prueba de hipótesis ANOVA para % de vidrio reciclado molido y asentamiento de concreto fresco .....	72
<b>Tabla 28.</b> Cuadro ANOVA para datos de f'c a los 7 días de curado .....	72
<b>Tabla 29.</b> Análisis descriptivos de f'c a los 7 días de curado .....	73
<b>Tabla 30.</b> Análisis de normalidad por el método Shapiro – Wilk para datos de f'c a los 7 días de curado .....	73
<b>Tabla 31.</b> Análisis de homogeneidad de varianzas con la prueba test de Levene para datos de f'c a los 7 días de curado.....	74
<b>Tabla 32.</b> Prueba de hipótesis ANOVA para datos de f'c a los 7 días de curado.	75
<b>Tabla 33.</b> Comparaciones múltiples con la prueba de Tukey para datos de f'c a los 7 días de curado.....	76
<b>Tabla 34.</b> Cuadro ANOVA para datos de f'c a los 14 días de curado .....	77
<b>Tabla 35.</b> Análisis descriptivos de datos de f'c a los 14 días de curado .....	77
<b>Tabla 36.</b> Análisis de normalidad para datos de f'c a los 14 días de curado .....	78
<b>Tabla 37.</b> Análisis de homogeneidad de varianzas para datos f'c a los 14 días de curado .....	79
<b>Tabla 38.</b> Prueba de hipótesis ANOVA para los datos de f'c a los 14 días de curado .....	80
<b>Tabla 39.</b> Comparaciones múltiples con la prueba de Tukey para datos de f'c a los 14 días de curado.....	80
<b>Tabla 40.</b> Cuadro ANOVA para datos de resistencia a la compresión a los 28 días de curado .....	81
<b>Tabla 41.</b> Análisis descriptivos para datos de f'c a los 28 días de curado .....	82

<b>Tabla 42.</b> Análisis de normalidad por el método de Shapiro - Wilk para datos de f'c a los 28 días de curado .....	83
<b>Tabla 43.</b> Análisis de homogeneidad de varianzas para datos de f'c a los 28 días de curado .....	83
<b>Tabla 44.</b> Prueba de hipótesis ANOVA para datos de resistencia a la compresión a los 28 días de curado .....	84
<b>Tabla 45.</b> Comparaciones múltiples con la prueba de Tukey para datos de resistencia a la compresión a los 28 días de curado.....	85

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Resistencia a la compresión vs Relación a/c .....	32
Figura 2. Resistencia a la compresión .....	37
Figura 3. Pasos para la caracterización del vidrio reciclado.....	47
Figura 4. Relación a/c para las dosificaciones de concreto.....	49
Figura 5. Curva: % vidrio reciclado molido vs relación a/c .....	50
Figura 6. Asentamiento para las dosificaciones de concreto .....	51
Figura 7. Curva: % de VRM vs asentamiento de concreto.....	52
Figura 8. f'c del concreto a los 7 días de curado .....	54
Figura 9. f'c del concreto a los 14 días de curado .....	56
Figura 10. f'c del concreto a los 28 días de curado .....	58
Figura 11. Resumen de resistencia a la compresión del concreto .....	59
Figura 12. Curva: % de VRM vs resistencia a la compresión.....	60
Figura 13. Curva: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado.....	61
Figura 14. Control de aceptación del concreto - ACI 318.....	63
Figura 15. Reciclaje del vidrio utilizado en la construcción, para puertas y ventanas del taller de vidriería "PIONERO".....	141
Figura 16. Selección, lavado y secado del vidrio reciclado .....	141
Figura 17. Proceso de molienda del vidrio reciclado con molino mecánico .....	142
Figura 18. Adquisición de agregados de la cantera de Tacllan – Rio Santa .....	142
Figura 19. Proceso de secado de los agregados en el horno .....	143
Figura 20. Proceso de tamizado de los agregados para análisis granulométrico.....	143
Figura 21. Cemento SOL TIPO I, Utilizado en la elaboración de los concretos patrones y experimental .....	144
Figura 22: Especificaciones técnicas cemento SOL Tipo I.....	145
Figura 23. Especificaciones técnicas del Cemento SOL TIPO I, adquirido de la ferretería PAOLA ubicado en el Jr. Caraz Nro. 494 Urb. Cono Aluvionico, Huaraz .....	145
Figura 24. Proceso de mezclado del vidrio reciclado molido con el agregado fino .....	146

Figura 25. Preparación de mezclas de concreto, medición de asentamiento y elaboración de probetas cilíndricas .....	146
Figura 26. Proceso de desmoldado y curado de las probetas cilíndricas de concreto .....	147
Figura 27. Proceso de retirado y colocado de las probetas curadas para el ensayo de resistencia a la compresión .....	147
Figura 28. Proceso de rotura a compresión de las probetas cilíndricas de concreto, curadas a 7, 14 y 28 días .....	148

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es determinar cuál es la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido.

La metodología que se aplicó fue del tipo aplicada con diseño de investigación experimental y enfoque cuantitativo, teniendo como población las probetas de concreto que pueden ser elaborados y una muestra de 36 probetas cilíndricas de dimensiones 15x30 cm, 9 para el concreto patrón y 27 para los concretos experimentales.

Los resultados que se obtuvieron para los concretos elaborados con 0%, 3%, 7% y 15% de vidrio reciclado molido en reemplazo del agregado fino fueron de, 0.512, 0.513, 0.515 y 0.519, para la relación a/c; 3 ½", 4 ½", 5 ½" y 7", para el asentamiento; 315.68 kg/cm<sup>2</sup>, 273.26 kg/cm<sup>2</sup>, 206.77 kg/cm<sup>2</sup> y 212.67 kg/cm<sup>2</sup>, para la resistencia a la compresión a los 28 días de curado. Asimismo, la resistencia a la compresión de las cuatro dosificaciones de concreto elaborados, resultaron ser mayores que la resistencia a la compresión mínima de 175 kg/cm<sup>2</sup> (para  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>), exigido por el Comité ACI 318, para la aceptación del concreto, a los 28 días.

En conclusión, la relación a/c y el asentamiento del concreto, varían proporcionalmente a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido. Asimismo, el vidrio reciclado molido no incrementa positivamente la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>; según el control de aceptación del concreto, el vidrio reciclado molido se puede emplear, para la elaboración del concreto en porcentajes de 3% y 15%.

Palabras clave: Relación a/c, asentamiento, resistencia a la compresión, concreto, VRM.

## ABSTRACT

The objective of this research is to determine the compressive strength of concrete  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> substituting a percentage of fine aggregate with ground recycled glass.

The methodology that was applied was of the type applied with experimental research design and quantitative approach, having as population the concrete specimens that can be elaborated and a sample of 36 cylindrical specimens of dimensions 15x30 cm, 9 for the standard concrete and 27 for the experimental concrete.

The results obtained for the concrete made with 0%, 3%, 7% and 15% of ground recycled glass in replacement of the fine aggregate were 0.512, 0.513, 0.515 and 0.519, for the w/c ratio; 3 ½", 4 ½", 5 ½" and 7", for the settlement; 315.68 kg/cm<sup>2</sup>, 273.26 kg/cm<sup>2</sup>, 206.77 kg/cm<sup>2</sup> and 212.67 kg/cm<sup>2</sup>, for the compressive strength at 28 days of curing. Likewise, the compressive strength of the four batches of concrete produced turned out to be greater than the minimum compressive strength of 175 kg/cm<sup>2</sup> (for  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>), required by the ACI 318 Committee, for the acceptance of the concrete, at 28 days.

In conclusion, the w/c ratio and concrete slump vary proportionally to the percentage amount of ground recycled glass. Likewise, ground recycled glass does not positively increase the compressive strength of concrete  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>; According to the acceptance control of the concrete, the ground recycled glass can be used for the elaboration of the concrete in percentages of 3% and 15%.

Keywords: w/c ratio, settlement, compressive strength, concrete, VRM.

## I. INTRODUCCIÓN

El concreto fue utilizado en Roma alrededor de la tercera centuria antes de la era cristiana. Dicho material lo constituían los agregados pétreos entreverados por un aglomerante que estaba compuesto por caliza y escoria volcánica. La composición o mezcla no perdía sus propiedades cuando se le introducía en el agua a diferencia de los morteros de caliza utilizados hace mucho tiempo en la antigua isla de Creta. El panteón fue la construcción más vistosa hecha por los romanos, esta obra tenía un diámetro que alcanzaba los 43.20 m. cuando el imperio romano cayo, el huso de la mezcla de caliza y escoria volcánica se fue al olvido, hasta que a mitad del siglo XVIII se volvió a utilizar ampliamente. (Harmsen, 2002, pág. 1).

Los agregados se extraen en gran cantidad a nivel mundial siendo uno de los materiales más utilizadas después del agua (de los 50.000 millones de toneladas de materiales extraídos anualmente el 70 a 80% son agregados). Formadas por procesos erosivos que necesitan miles de años, actualmente se extraen más rápido de lo que se restituyen. En Asia, La cantidad extraída está aumentando de forma exponencial, generado por el crecimiento económico y apogeo del sector construcción. Se estima que el consumo de los áridos es de 40.000 millones de toneladas anualmente, equivalente al doble de sedimentos arrastrados por todos los ríos de nuestro planeta. (GreenFacts, 2015).

La explotación de los agregados pétreos está generando impactos ambientales negativos como cambio en los niveles freáticos y turbidez de los ríos, afectación al clima, perdida de la biodiversidad y de zonas paisajísticas; también hay consecuencias socioeconómicas, culturales e incluso políticas, el no contar con datos globales sobre su extracción dificulta evaluar su impacto ambiental en los procesos geohidrológicos que determinan la disponibilidad de agua (Álvarez y Ravelo, 2018).

Obras como las represas, encausamientos o la explotación de áridos en los ríos, están alterando el flujo de los ríos, están generando impactos negativos en los ambientes marinos. En Latinoamérica la contaminación de los mares es relevante según evaluaciones recientes (Escobar, 2002, p. 5).

El concreto para su fabricación requiere de materiales no renovables como son los agregados pétreos, la explotación de estas, genera impactos ambientales negativos al ser generadas por minería a cielo abierto. La población de Medellín viene siendo afectada por la extracción de agregados pétreos de las canteras, la cual está generando degradación de la corteza terrestre urbana, emisión de material particulado en la atmósfera, áreas que pierden su potencial como paisaje o zonas urbanizables Bedoya y Dzul, 2015, p. 99).

La Municipalidad de la oroya prohíbe la extracción de los materiales agregados (arena, grava y piedras) de los ríos Mantaro, Yauli y Huari para evitar desvió de caudal que provocaría inundaciones (Revista Correo, 2015).

En Huánuco, la expansión de la ciudad ligado a la explotación de agregados y otros materiales de construcción conllevan a la extracción de arenas, gravas y cantos rodados del lecho de los ríos Huallaga e Higuera, las empresas extractoras están sobre explotando el material de acarreo, sin ninguna dirección técnica, excavando y removiendo los suelos, afectando vegetaciones y defensas ribereñas naturales, poniendo en riesgo las zonas agrícolas y urbanas. (ANA, 2015, p. 45).

En la ciudad de Huaraz la explotación de los agregados pétreos se realiza en las canteras de río Santa, en algunas ocasiones desviando su cauce e introduciendo maquinarias pesadas que operan a base de combustibles (petróleo), Grasas y aceites, generando en algunos casos la modificación del cauce natural del río y contaminado su ecosistema no solo del río sino también del mar, esto a futuro puede tener consecuencias graves no solo para nuestro país, sino a nivel Global.

El 20 de enero del 2019, la Municipalidad de Huaraz prohíbe indefinidamente la extracción de áridos en el río Santa, en las zonas de Rio Seco, Challhua y Rumichuco, por ser zonas altamente peligrosas ya que la extracción de dichos agregados dejó sin defensa ribereña natural a las zonas mencionadas (Huaraz Noticias, 2019).

Según lo expuesto, se formula la problemática general y las específicas, de la siguiente manera, ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022?; ¿Cuál es la relación a/c, para la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022?; ¿Cuál es el asentamiento, para la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022? y ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un 0%, 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022?

El estudio tiene valor científico, ya que, permitirá aplicar los procesos y conocimientos adquiridos sobre el diseño y elaboración del concreto en la universidad, asimismo nos permitirá ampliar los conocimientos a nivel universitario y profesional para otros investigadores puedan ser incentivados a seguir la línea de investigación o crear otros temas y campos de estudio.

Se justifica socialmente, debido a que se propone reemplazar el agregado pétreo en este caso la arena con VRM (vidrio reciclado molido), para la producción del concreto esto con la finalidad de disminuir la extracción de los áridos en los ríos, para así evitar las inundaciones que pueden afectar a poblacionales, ya sea urbanas o rurales.

La investigación tiene justificación práctica ya que se pretende disminuir los volúmenes de extracción de materiales pétreos de los ríos y canteras ya que este proceso genera impactos ambientales negativos en el ecosistema asimismo

incentivara a la población a la práctica de reciclado de los vidrios generados tanto, en la actividad industrial y doméstico.

El presente estudio tiene justificación ambiental porque con ello se busca minimizar los impactos ambientales negativos generados por la explotación de agregados pétreos ya sea mediante minería o en canteras, incorporando el vidrio molido en la elaboración del concreto ya que Según (Trezza & Rahhal, 2018) “todos los años, millones de toneladas de vidrio son desechadas en el mundo. Dicho material es reciclable, ya que sus cualidades físicas y su calidad se mantienen durante el recojo para su reutilización”.

Para contestar la problemática general y específicos, se tomó como objetivo general y específicos, lo siguiente: Determinar cuál es la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022; Determinar cuál es la relación a/c, para la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022; Determinar cuál es el asentamiento, para la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022 y Determinar cuál es la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un 0%, 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.

Asimismo, se planteó la siguiente hipótesis general: Se incrementa positivamente la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022, y como hipótesis específico, N° 01: La relación a/c varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido, para la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022; N° 02: El asentamiento del concreto varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido, para la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un

porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022 y N° 03: La resistencia media del concreto patrón es significativa en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales, para el concreto  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un 0%, 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

**Alonso y Puerto (2018)** en sus tesis para ingeniero civil titulado: *Desempeño de un concreto hidráulico adicionado con vidrio molido reciclado y EAFS*, en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, cuyo objetivo del estudio fue analizar y evaluar el desempeño de una mezcla de un concreto hidráulico adicionado con vidrio molido reciclado PVR y escoria de horno de arco eléctrico EAFS, realizando 4 tipo de mezcla, la primera conformada por agregados convencionales, la segunda conformada por grava 50%, EAFS 50%, PVR 20%, arena 80%, agua y cemento, la tercera mezcla conformada por grava 50%, EAFS 50%, PVR 30%, arena 70%, cemento y agua y la cuarta mezcla conformada por grava 50%, EAFS 50%, PVR 40%, arena 60%, cemento y agua, llegando a los resultados,

concluyendo que, es posible sustituir los agregados convencionales con agregados artificiales (EAFS y PVR) pues, reemplazando el 50% de grava con EAFS y 40% de arena con PVR (polvo de vidrio molido reciclado), muestra un mejor comportamiento de resistencia a la compresión que el concreto convencional a una edad de 28 días.

**Cano y Cruz (2017)** en su tesis para ingeniero civil titulado: *Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón*, en la Universidad Libre Seccional Pereira, que tiene como objetivo analizar mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón, concluyendo que:

Los especímenes de concreto que contienen vidrio en cualquiera de las proporciones alcanzan una resistencia mayor que los especímenes del concreto patrón. Asimismo, indican que la mezcla ideal de concreto para la elaboración de

probetas, se obtiene con porcentajes de 5% de vidrio molido, 3% vidrio tamizado y 5% de vidrio granular, en cada una de las presentaciones, del mismo modo la máxima resistencia se alcanza con 3% en peso de vidrio tamizado.

**Tamayo (2020)** en su tesis para ingeniero civil titulado: *El vidrio triturado como alternativa en la producción de materiales de construcción*, en la Universidad de Holguín, que tiene como objetivo evaluar el comportamiento del vidrio triturado como agregado para la producción de materiales de construcción que permita su aprovechamiento en el Programa de la Vivienda en el municipio Holguín, concluyendo que:

Es posible utilizar el vidrio triturado en la construcción ya que se obtiene buenos resultados sustituyendo el árido fino en un 36% para hormigones hasta 21 Mpa, un 10% para pavimentos urbanos y un 50% para la producción de bloques huecos, lo que posibilita su aprovechamiento.

**Ochoa (2018)** en su tesis para ingeniero civil titulado: *Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos*, en la Universidad Señor de Sipán, cuyo objetivo fue determinar la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos.

En su investigación, elabora el concreto patrón con 0% de vidrio reciclado molido y concretos experimentales con 10%, 20% y 30% de vidrio reciclado molido en reemplazo de agregado fino, para resistencias de 175, 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Los resultados que obtuvo fueron, para el concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, la mezcla con 30% de vidrio molido da una resistencia  $f'c = 233.54$  kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, Asimismo, el asentamiento del concreto fresco disminuye hasta 3.81 cm para la mezcla con 30% de vidrio molido para la resistencia  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que:

A medida que se aumenta la cantidad de vidrio molido, la resistencia a la compresión se incrementa, pero su asentamiento disminuye. Asimismo, indica que, la mezcla ideal se consigue reemplazando el 10% de agregado fino con vidrio molido puesto que, se consigue incrementar la resistencia a la compresión y mantener la trabajabilidad.

**Walhoff (2017)** en su tesis para ingeniero civil titulado: *Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional, Barranca – 2016* en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, cuyo objetivo fue Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparando con el concreto convencional.

concluyendo que, el vidrio molido influye significativamente en el concreto incrementado su esfuerzo a compresión, ya que a 21 y 14 días de curado se obtiene una resistencia superior a la del concreto patrón con proporciones del 5%, 10% y 15% como reemplazo del cemento.

**García (2020)** en su tesis para ingeniero civil titulado: *Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en comparación del concreto convencional, Tarapoto – 2020*, en la Universidad Científica del Perú – UCP, cuyo objetivo fue, determinar la influencia del vidrio molido en la resistencia a compresión de concreto en comparación con el concreto convencional con un  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , para lo cual elabora cuatro mezclas de concreto reemplazando el 5%, 10% y 15% de cemento con vidrio molido. Llegando a los siguientes resultados:

La resistencia del concreto patrón a los 7 días de curado fue superada por la resistencia del concreto experimental con 5% de vidrio molido en  $6.26 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que los concretos con 10 y 15% de vidrio molido fueron inferiores en  $30.91$  y  $59.60 \text{ kg/cm}^2$  a la resistencia del concreto patrón. Asimismo, la resistencia del concreto patrón a los 14 días de curado fue superior a la resistencia del concreto experimental con 5, 10 y 15% de vidrio molido en  $19.79$ ,  $53.49$  y  $63.61 \text{ kg/cm}^2$  y

finalmente, la resistencia del concreto patrón a los 28 días de curado fue superior a la resistencia del concreto experimental con 5, 10 y 15% de vidrio molido en 7.48, 58.14 y 69.52 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que, el vidrio molido tiene influencia positiva respecto a la resistencia a compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

**El concreto**, según indica Abanto (2009), “Es una mezcla compuesta por cemento portland, agregados pétreos, agua, aire y aditivos que intervienen en proporciones adecuadas para alcanzar propiedades requeridas, especialmente su resistencia”.

Para Solís, Moreno y Arjona (2012), es un material artificial expuesto internamente a esfuerzos que compensan las fuerzas que se dan en las estructuras, ya sea, en edificaciones, puentes, pavimentos, entre otros, en el tiempo de servicio. En la construcción dicho material siempre estará sujeta a las acciones del medio ambiente, las cuales perjudican sus cualidades físicas y/o químicas, ocasionando la disminución de su vida de servicio, respecto a su resistencia mecánica dada teóricamente.

Su estructura del concreto es sumamente heterogénea y compleja, por ello es difícil pronosticar su comportamiento futuro, sabiendo que su estructura es inestable porque la zona de transición y la pasta de cemento sufren cambios según el medio donde se utilizan (O’reilly, Ruiz y Bancrofft, 2010, p. 3).

Está conformado por agua, cemento, agregados pétreos, aire y aditivos, que tienen propiedades físicas y químicas muy variables, especialmente los agregados pétreos. Dichas propiedades generan efectos distintos, tanto en estado fresco y endurecido, este último rige su tiempo de servicio (Chan, Solís y Moreno, 2003).

Para obtener concretos de calidad, es indispensable conocer detalladamente sus componentes, como: agregados pétreos, agua y cemento, debido a que sus propiedades (resistencia y durabilidad) dependen de las cualidades físicas y químicas que poseen dichos componentes (Bracamonte, Vertel y Cepeda, 2013).

**El cemento**, es un aglomerante que posee cualidades de adherencia y cohesión, propiedades necesarias para mantener unidos entre sí áridos inertes (Ortega, 2014, p. 15).

La masa de cemento, es el elemento activo del concreto, cumple la función de envolver los agregados y ocupar los vacíos que se generan al momento de elaborar la mezcla. Inicialmente lubrica los agregados pétreos para luego mantenerlos unidos (Salamanca, 2001, p. 34).

**Su color** del cemento es grisáceo, pulverizado finamente, se produce con calizas, arcillas y esquistos los cuales proveen  $\text{CaO}$ , el  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Estos, al ser trituradas y mezcladas, pasan a ser fundidos en los hornos hasta obtener el Clinker, que pasa nuevamente el proceso de enfriado y triturado hasta lograr la granulometría deseada (Arthur, 1999, p. 28).

**El Cemento**, según Harmsen (2002), tiene la siguiente composición química:

- Silicato dicálcico ( $2\text{CaOSiO}_2$ ), que a largo plazo define su resistencia, pero en su calor de hidratación no influye mucho.
- Silicato tricálcico ( $3\text{CaOSiO}_2$ ), que le proporciona su resistencia inicial y en su calor de hidratación influye directamente.
- Aluminato tricálcico ( $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ ), que reacciona como catalizador de los silicatos y ocasiona un violento fraguado, para evitar o reducir dicho efecto se añade yeso.
- Ferroaluminato Tetracálcico ( $4\text{CaOFe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}_3$ ), actúa incrementado su rapidez y calor de hidratación.
- Como menores componentes, encontramos el óxido de potasio, sodio, magnesio y aluminio.

**Tabla 1.** Composición química de un cemento portland ordinario

Compuestos	Componentes	Contenido (%)
CaO	Calcio	64.32
SiO <sub>2</sub>	Sílice	21.22
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Alúmina	5.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Oxido férrico	2.432
MgO	Oxido de magnesio	1.80
SO <sub>3</sub>	Trióxido de azufre	2.59
Na <sub>2</sub> O	Oxido de sodio	0.21
K <sub>2</sub> O	Oxido de potasio	0.50
CaO libre	Cal libre	0.96
Cl <sup>-</sup>	Cloruros	0.015

Fuente: (Betancourt, 2017), "Materiales para la construcción". P. 45

La **ASTM**, designa 5 variedades de cemento: Tipo I, II, III, IV y V. asimismo la Asociación Canadiense de Estándares designa define 5 variedades de cemento como las: normales, moderadas, de resistencias iniciales altas, de calor de hidratación bajo y los resistentes a sulfatos (Ortega, 2014, p. 15).

**Tipo I o normal**, es el cemento de uso común, requeridas cuando el concreto no está expuesto a condiciones específicas como ataque de sulfatos y temperatura abruptas. Se usa en edificaciones, pavimentos, tanques, estructuras de ferrocarriles, etc.

**Tipo II o moderado**, es usado en lugares calurosos y donde no es necesario una excesiva protección del concreto a ataques de sulfatos, no produce mucho calor de hidratación comprado con el cemento Tipo I o normal, por ello se usa en construcciones que requieren masas considerables de concreto como: estribos

voluminosos, grandes pilares o muros de contención. Tiene un contenido menor de aluminato tricálcico ( $\text{Ca}_3\text{Al}$ ) es por ello que produce menos calor y resiste un poco más que el cemento Tipo I el ataque de sulfatos.

**Tipo III o de altas resistencias iniciales,** Es un cemento que genera alta calor de hidratación por el contenido de granos finos y montos mayores de ( $\text{Ca}_3\text{Si}$ ) y ( $\text{Ca}_3\text{Al}$ ) por ello es muy peligroso su uso en estructuras masivas. Tiene resistencias iniciales altas adquiridas en una semana o menos del vaciado, se usa cuando se requiere retirar el encofrado prontamente lo o cuando las estructuras tienen que entrar en servicio lo antes posible.

**Tipo IV o de bajo calor de hidratación,** es un cemento que tiene baja proporción en aluminato tricálcico ( $\text{Ca}_3\text{Al}$ ), se usa en estructuras que requieren grandes proporciones de concreto como en estructuras de represas, donde la elevada temperatura resultante del calor de hidratación que se genera en el lapso de endurecimiento de la mezcla de concreto es un factor muy importante a tomar en cuenta.

**Tipo V o resistente a sulfatos,** es usado en lugares o zonas donde el concreto adquiere resistencia más lento que el cemento tipo I o normal y donde hay presencia de sulfatos es severo. tiene una baja proporción en aluminato tricálcico ( $\text{Ca}_3\text{Al}$ ) preferentemente no mayor a 4%.

**Los agregados pétreos,** son elementos esenciales para la producción del concreto, sus cualidades repercuten en las características del concreto, tanto, en estado fresco, endurecido y su producción. Estas constituyen el 70% u 80% del volumen del concreto por ello es muy importante determinar sus propiedades y definir sus características (Patricia y Ramírez, 2010, p. 215).

Los agregados se producen naturalmente o artificialmente, disgregando las rocas, las cuales pueden ser, silíceos, calizos, graníticos, etc. Estas se mezclan al concreto de varias formas, que pueden ser por fracciones, contenidos o

composición granulométrica. A las partículas pétreas superiores a 5 mm se le conoce como agregado grueso o grava, e inferiores a 5 mm se le llama agregado fino (Martínez y Torres, 2013, p. 3).

Para caracterizar los agregados, existen diferentes métodos siendo la medición de dimensiones usando tamices y calibradores, las más utilizada en el laboratorio. La caracterización que consiste en precisar sus propiedades físico mecánicas, asimismo su durabilidad y funcionalidad (Torrado y Serrano, 2013, p. 31).

**Las cualidades** como: la forma, textura, absorción mineralógica, gradación, gravedad específica, tamaño máximo, dureza, tolerancia a sulfatos, etc. de los áridos, influyen en las características del concreto, tanto, en su forma endurecido y fresco. La cantidad demandada de la pasta de cemento para elaborar el concreto está relacionada a la compacidad de los áridos, dicha compacidad es afectada por la forma de sus partículas.

Asimismo, La forma de los áridos influye en su colocación y la trabajabilidad del concreto. La cantidad requerida de la pasta de cemento para la elaboración del concreto tiene que ver con la superficie específica de los agregados. El concreto elaborado con partículas de forma cubica o redondeada con superficie específica menor requieren pasta de cemento en cantidades menores mientras que los agregados elongadas y aplanadas que tienen mayor superficie específica, requieren de cemento en mayor cantidad, para alcanzar la misma trabajabilidad (Shilstone, 1999).

**La textura superficial de los agregados**, afecta la adherencia de la pasta de cemento y la demanda de agua para el concreto, esto mayormente en caso del agregado fino. Asimismo, la textura de los agregados influye en la resistencia a compresión y flexión del concreto (Neville, 1999, pg. 80)

**La forma y textura** de los materiales áridos, inciden en su durabilidad y resistencia del concreto. La adherencia de las partículas tiene que ver con la textura, cuanto

sea mayor la rugosidad de las partículas genera mayor resistencia (Kaplan, 1959), pero esta característica (rugosidad) hace que la mezcla requiera un volumen mayor de agua para su trabajabilidad, ocasionando la disminución de la resistencia y durabilidad asociado a la poca cantidad de agua.

**Límite de partículas inestables en los agregados**, Según ASOCRETO (2010, p. 83) el porcentaje máximo de partículas inferior a 75 micras será:

- Para concreto de alta resistencia, 3% para agregado fino natural, 5% para agregado fino artificial.
- Para concreto normal, 5% para agregado fino natural, 7% para agregado fino artificial, 1% para agregado grueso natural y 1.5% para agregado grueso artificial.

Asimismo, los límites para partículas inestables serán:

- El límite máximo de partículas inestables en el agregado fino será, de 1% para terrones de arcilla, 0.5% para carbón y lignito y 1% para carbón y lignito en otros casos.
- El límite máximo de partículas inestables en el agregado grueso será, de 0.25% para terrones de arcilla, 5% para partículas blandas, 0.5% para carbón y lignito y 1% para carbón y lignito en otros casos.

**La Granulometría**, es una característica de los áridos que incide directamente en la resistencia del concreto y cantidad requerida de cemento, para su elaboración. Teóricamente, es la disposición de las partículas de la muestra, de mayor a menor tamaño, representado, en porcentajes parciales en peso de cada tamaño pasante o retenido en distintas mallas estandarizadas (Toirac, 2012, p. 293).

**Los agregados**, se clasifican en finos y gruesos: los finos son aquellas que pasan el tamiz N° 4 (4.76 mm) y los retenidos por el tamaño del tamiz N° 4 (4.74 mm) son

conocidos como agregado grueso o grava (Méndez, Rodríguez Jiménez, Cruz y Laines, 2011) citado por, Palacio, Chavez y Velázquez (2017, p. 9).

**El agregado fino**, según Abanto (2009), se considera a la arena natural o artificial que pasa la malla 9.5 mm o 3/8" (p. 23).

La distribución granulométrica del árido fino es una de las propiedades que tiene que ver con la calidad del concreto, ya que esta influye determinante en su resistencia y su producción (consumo de cemento), por ello es muy importante y necesario dar cumplimiento con la calidad granulométrica requerida para dicho árido.

### **Granulometría de agregado fino (arena)**

Se tomará en cuenta lo siguiente:

- La granulometría que se esté seleccionando, deberá ser preferentemente continua y retenido en los tamices, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, de la serie Taylor.
- No tendrá que ser retenido en más del 45% en dos mallas continuas.

Generalmente la granulometría se debe encontrar dentro del rango mostrado en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Límites de granulometría según el A.S.T.M.

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA (ACUMULATIVO)
3/8"	9.5 mm	100
N° 4	4.75 mm	95 a 100
N° 8	2.36 mm	80 a 100
N° 16	1.18 mm	50 a 85
N° 30	600 µm	25 a 60
N° 50	300 µm	10 a 30
N° 100	150 µm	2 a 10

Fuente: (Abanto, 2009), "Tecnología del concreto, p. 24

**El agregado grueso**, se considera a las gravas o piedras chancadas retenidos en la malla N° 4 (4.75 mm) (Abanto, 2009, p. 26).

El árido grueso proviene de la desintegración de las rocas, por agentes atmosféricos, mayormente se encuentran en los ríos o canteras en forma natural, asimismo, la piedra chancada es un material producido artificialmente, triturando de rocas o gravas. Su función es aportar resistencia y volumen al concreto.

"El agregado grueso no debe contener arcillas y finos mayores a 5% y tampoco materia orgánica, carbón, etc. en más de 1.5%" (Harmsen, 2022, p. 13).

**La granulometría** del agregado grueso, ya sea grava o piedra chancada, para ser usado en la producción del concreto cumplirá lo especificado en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Requisitos granulométricos del agregado grueso**

Huso	Tamaño máximo Nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizadas													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (¾ 8pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3½ pulg a 1½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
2	63 mm a 37,5 mm (2½ pulg a 1½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	
4	37,5 mm a 19,0 mm (1½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	
467	37,5 mm a 4,75 mm (1½ pulg - N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg - ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg - 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg - N° 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg - N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg - N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg - N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg - 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	
9	4,75 mm a 1,18 mm (N° 4 - N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

Fuente: (NTP 400.037, 2018), "Agregados para concreto. Requisitos", p. 14

consideraciones de granulometría:

- La granulometría del agregado será continua.
- La granulometría tendrá que permitir que el concreto sea trabajable y tenga una consistencia de acuerdo al ambiente donde se desarrolle el proyecto.
- La cantidad de material retenido en la malla de 1 1/2" no será mayor de 5% y el de la malla 1/4" no mayor de 6%.

También se tomará en cuenta que:

- El tamaño máximo será un quinto de la dimensión menor de los encofrados (interior). Asimismo, un tercio del espesor y peralte de las losas y tres cuartos del espaciamiento mínimo entre refuerzos de acero.

**El tamaño máximo nominal (TMN)**, al cribar la grava o piedra chancada (marido grueso), estará dada por la abertura del tamiz que le sigue al tamiz que retiene el 15% o más del material cribado, tomando el orden de las mallas de menor a mayor (Abanto, 2009, p. 33).

Para Abanto (2009), el módulo de fineza indica, si la muestra contiene mayor cantidad de partículas finas o gruesas. Asimismo, menciona que el MF de la arena para ser usado en la preparación del concreto estará en el rango de 2.3 a 3.1.

La arena con módulo de fineza de 2.2. a 2.8 hace que la mezcla tenga buena manejabilidad (trabajabilidad) y una segregación reducida, en cambio las arenas que tienen un módulo de fineza entre 2.8 y 3.1 son más propicios para elaborar concretos de alta resistencia.

**La densidad aparente** de los agregados, es la relación de la masa del material utilizado para el ensayo y su respectivo volumen, incluido los vacíos saturables y no saturables. El rango de la densidad aparente oscila entre 2300 kg/m<sup>3</sup> y 2800 kg/m<sup>3</sup>, (ASOCRETO, 2010, p. 79).

**Porosidad y absorción**, cuanto mayor es su porosidad de los agregados, estos tendrán menor resistencia mecánica. Asimismo, cuanto menor sea su porcentaje de absorción, los agregados serán más compactos.

**El contenido de humedad**, para Neville (1999), es el agua sobrante del material que se encuentra en estado saturado y superficialmente seco. Asimismo, se tendrá en cuenta que el contenido de humedad del agregado grueso en raras ocasiones puede ser mayor a 1% en cambio el agregado fino puede llegar a tener hasta un 10%, (p. 91).

ASOCRETO (2010), indica que las partículas con tendencia a formas cúbicas o esféricas tienen masa o pesos unitarios compactos elevados. Asimismo, las masas unitarias sueltas nos pueden indicar el volumen de vacíos que tendrá el material al acomodarse.

**La adherencia**, es la interacción de los agregados con la pasta de cemento, cuanto esta sea más eficiente, el concreto tendrá resistencias mayores.

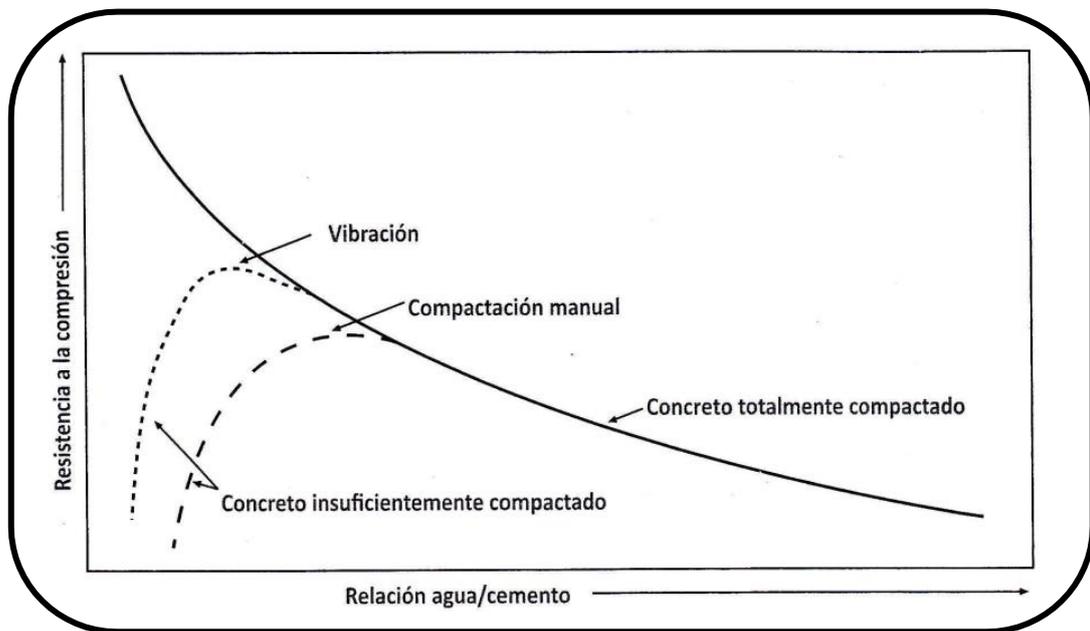
**El agua**, para la preparación del concreto según Vélez (2010, p. 173), contendrá cantidades limitadas o estar totalmente libre de sustancias perjudiciales tales como aceites, materias orgánicas, arcillas, limos, etc.

Asimismo, Neville (1999, p. 125) indica que, es muy importante tomar en cuenta la calidad del agua, porque las sustancias no permisibles presentes en ella, pueden afectar su resistencia, su fraguado y generar deterioro del acero y manchas en la superficie del concreto.

Según Sánchez (2001, p. 64), el agua, tendrá un máximo de 2% de aceite mineral, materia orgánica 20 ppm, agua de mar 35.000 ppm, pH entre 6 a 8, partículas en suspensión 2%, algas 0%, azúcar 500 ppm, etc.

**La relación agua/cemento**, para ASOCRETO (2010, p. 120), es la comparación entre la cantidad de masa de agua y el cemento requerido, para la elaboración del concreto, sin tomar en cuenta el volumen de agua absorbido por la arena y la grava o piedra chancada.

Por otro lado, Neville (1999, p. 185) indica que, la densidad del concreto y la relación agua y cemento influyen en la resistencia del concreto, curado en agua por un tiempo determinado y a una temperatura prescrita”.



*Figura 1.* Resistencia a la compresión vs Relación a/c  
Fuente: ASOCRETO, Tecnología de concreto, Tomo I, 2010.

### **Concreto fresco - propiedades**

El concreto en estado fresco tiene las siguientes propiedades:

**La trabajabilidad o manejabilidad**, Según ASOCRETO (2010, p. 100), es una característica del concreto que nos permite mezclar, colocar, compactar y hacer el acabado, sin que se genere segregación. Asimismo, la trabajabilidad siempre está relacionado con la cohesividad, plasticidad, compacidad y consistencia que tiene la mezcla.

El problema principal que genera, el tiempo de traslado del concreto, las condiciones rigurosas del medio ambiente, los defectos de los materiales, es la pérdida de asentamiento, que a su vez afecta la trabajabilidad del concreto (Reymundo, 2021, p. 36).

Para Rivva (1992, p. 32), **la trabajabilidad** está relacionado con la cantidad de cemento, la granulometría de los áridos, proporción entre los áridos fino y grueso, la proporción de los áridos y agua, uso de aditivos y el medio ambiente. La presencia de agregados con módulos de fineza reducidos mejora la trabajabilidad, pero requiere mayor cantidad de cemento. La piedra chancada en comparación de las gravas requerirá un volumen mayor de agregado fino para compensar el perfil angular y obtener una mezcla trabajable.

La trabajabilidad del concreto se ve afectada por características que presentan los agregados tales como: la forma, la absorción, el tamaño, la granulometría y su textura superficial (Chan, Solís y Moreno, 2003, p. 45).

Las partículas con un índice de alargamiento del 100% generan una reducción del asentamiento en un 43% mientras que las partículas con un índice de alargamiento del 0% incrementan en un 32% el asentamiento del concreto en comparación al concreto elaborado con agregados convencionales (Ramírez y Patricia León, 2010, p. 233).

**La consistencia**, para Sánchez (2001, p. 111), esta referido a la fluidez que pueda tener el concreto, cuando se encuentra en estado plástico. Cuando el vaciado se realiza de manera continua, la diferencia de consistencia en las mezclas puede producir asentamientos diferenciales, causadas por el acomodo de la mezcla a diferentes velocidades (Toirac, 2004, p. 86).

**El ensayo de asentamiento** o slump, es un método utilizado para estimar la consistencia y definir la trabajabilidad de la mezcla en estado fresco. Según resultados de asentamiento, se puede indicar si la consistencia del concreto se

encuentra en estado seca, plástica o fluida. Asimismo, definir su trabajabilidad como: poco trabajable, trabajable y muy trabajable, según muestra la siguiente tabla:

**Tabla 4.** *Clases de mezclas según su asentamiento*

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACION
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera Chuseado
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto, 2009), "Tecnología de Materiales" P. 49

**La segregación**, se da por alejamiento o disolución de los componentes del concreto ya sea, entre la grava y/o piedra chancada y la arena o también entre los áridos y la lechada de cemento, haciendo que la mezcla ya no sea uniforme (Neville, 2013, p.140).

La granulometría y viscosidad tienen mucha influencia en el fenómeno de segregación del concreto. La granulometría continua de los áridos, hace que los diámetros menores mantengan a los diámetros mayores en suspensión. Esto se minimiza, aumentando la cantidad de cemento o aditivos modificadores de viscosidad, para mejorar la resistencia a la segregación (Valcuende et al., 2007 y Santos et al., 2012) citado por (Benito, Valcuende, Parra, Rodríguez y Miñano, 2015, p. 49).

La segregación se da de dos maneras, la primera ocurre cuando las partículas gruesas tienden a separarse o asentarse más que las partículas finas, esto a causa del movimiento del concreto a lo largo de una pendiente y la segunda cuando la

lechada conformada por agua y cemento se separan de la mezcla del concreto, Esto se da mayormente en mezclas húmedas.

**La exudación o sangrado**, ocurre cuando un cierto volumen de agua contenido en el concreto tiende a emerger a la superficie externa, esto debido a que los componentes de la mezcla no tienen la capacidad de retener la totalidad del agua durante el fraguado del concreto colocado (ASOCRETO, 2010, P. 109).

Asimismo, la exudación se genera por exceso de agua, fallas en el diseño de la mezcla, uso de un aditivo o la variación de la temperatura del ambiente. Dicho fenómeno resulta perjudicial debido a que al incrementarse la relación a/c la resistencia del concreto disminuye (Abanto, 2009, p. 54).

Neville (1999, p. 141) indica que “el sangrado disminuye al aumentar la finura del cemento, posiblemente porque las partículas más finas se hidratan más temprano y también porque su rapidez de sedimentación es inferior”.

### **Concreto endurecido - propiedades**

**La resistencia a la compresión**, para Abanto (2009, p. 51), es la carga máxima por unidad de área que puede soportar una muestra de concreto antes de fallar por compresión, sea por agrietamiento o rotura.

También se puede definir como el esfuerzo máximo que puede aguantar el material, dado que el concreto se destina mayormente a resistir carga a compresión, tomándose esta medida como índice de calidad (Rivva, 1992, p. 36).

Para los autores Fernández, Morales y Soto (2016, p. 197) una de las propiedades más importantes a controlar a la hora de elaborar el concreto es su resistencia a la compresión.

Según Solís, Moreno y Arjona (2012, p. 21) la calidad del concreto se puede controlar con la relación a/c ya que controlar las características de los agregados

pétreos generalmente resulta difícil debido a que en ocasiones el proyecto se ubica en lugares lejanos obligando a utilizar los materiales disponibles del lugar.

Desde la elaboración del concreto, se tiene que mantener el concreto a una humedad relativa que sea mayor o igual al 90% y temperatura de  $20 \pm 3$  °C, hasta el momento de realizar el ensayo y con ello elaborar la curva de resistencia a la compresión. En la práctica no siempre es posible mantener la temperatura y humedad requeridas debido en algunas ocasiones a la ubicación del proyecto (Gómez y Vidal, 2006, p. 57).

Según el comité ACI 318 (2005, p. 69), la resistencia del concreto ( $f'c$ ) es el promedio de resistencias de dos especímenes cilíndricos elaborados con la misma muestra y en el mismo lugar, ensayados a los 28 días de curado.

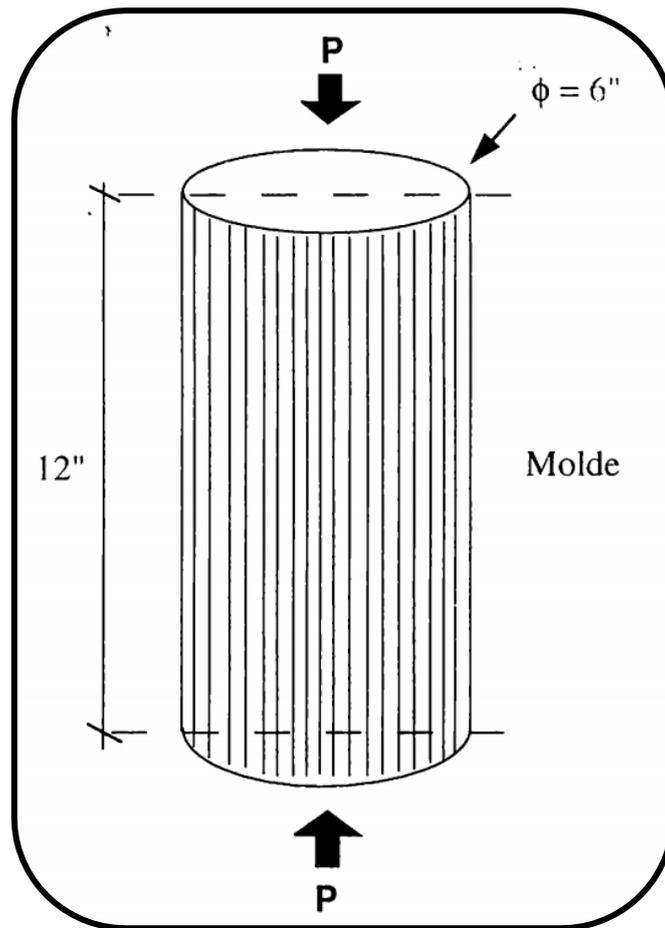
La resistencia a la compresión se determina con la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Donde:

$f'c$  es resistencia a la compresión del concreto expresado en kg/cm<sup>2</sup>, P es carga aplicada al espécimen cilíndrico en kg, A es el área transversal del espécimen cilíndrico en cm<sup>2</sup> y  $\phi$ . es diámetro del espécimen cilíndrico en cm.



*Figura 2. Resistencia a la compresión*

Fuente: Abanto (2009). "Tecnología del concreto", p. 51

**El curado del concreto**, es una actividad que se realiza para que el concreto desarrolle sus propiedades de resistencia, manteniéndolo en estado húmedo y a una temperatura apropiada, con el fin de hidratar el cemento contenido en el concreto endurecido (Solís y Moreno, 2005, p. 6).

El objetivo del curado, es mantener el concreto en estado saturado y temperatura adecuada para que se produzcan reacciones químicas entre el agua y cemento, ya que de esto depende su resistencia y durabilidad (Lizarazo, Salas y Escobar, 2016, p. 164).

Cuando el concreto pierde agua rápidamente, se generan rajaduras superficiales, por lo que, no se llega a alcanzar la resistencia deseada. El sol y el viento son muy

perjudiciales para el concreto, por ello se debe tratar de evitar lo más posible, que estos tengan contacto con el concreto fresco. Un tiempo de 7 días después del vaciado, el concreto logra el 70% de su resistencia, el porcentaje restante de resistencia, dependerá de la temperatura y humedad a la cual se le mantenga (Abanto, 2009, p. 235).

**Para la aceptación del concreto** curado de forma estándar, el promedio aritmético consecutivo de tres ensayos será igual o superior a la resistencia de diseño  $f'_c$ . Asimismo, ningún ensayo de resistencia será menor que la resistencia de diseño  $f'_c$  por más de 35 kg/cm<sup>2</sup> para concretos con  $f'_c$  de 350 kg/cm<sup>2</sup> o menor (Comité ACI 318, 2005, p. 77).

**El vidrio**, según Betancourt (2017, p. 229), químicamente “es una mezcla isomorfa de varios silicatos (sodio, potasio, calcio, plomo, etc.), que se logra fusionando la mezcla de materias primas, que, al enfriar y solidificar adquiere una estructura amorfa”

Se obtiene fundiendo la arena rica en sílica (SiO<sub>2</sub>) adicionando óxidos metálicos para darle color y para evitar la formación de cristales, se enfría rápidamente. El punto de fusión del silicato (SiO<sub>2</sub>) puro es de 1710 °C, dicha temperatura puede ser aminorado hasta 580 °C lo cual se logra incorporando Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, fuente del óxido de sodio (Na<sub>2</sub>O) encargada de la reducción de la temperatura. El vidrio obtenido con dicho proceso es soluble en el agua, dicho inconveniente se soluciona adicionando CaCO<sub>3</sub> que proporciona CaO responsable de la insolubilidad del vidrio en el agua (Tabares, 2002, p. 58).

El vidrio común está compuesto por 75% SiO<sub>2</sub> + 15% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 10% CaCO<sub>3</sub>, normalmente se reemplaza una porción de Na<sub>2</sub>O por B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y una parte de CaO por Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, esto con la finalidad de evitar que los cambios de temperatura fracturen al vidrio (Tabares, 2002, p. 58).

La sílice conforma alrededor de las 3/4 partes de un vidrio comercial, siendo las fuentes principales de este material, el cuarzo, las cuarcitas y areniscas de cuarzo de origen sedimentario. Se puede considerar que la arena de cuarzo es la más utilizada en la industria vidriera (Zayas, Atondo, Espinoza, Ramírez y Beltrán, 1999, p. 76).

Según Trezza y Rahhal (2018, p.1) el alto contenido de sílice en estado amorfo, hace que el vidrio molido se comporte como material puzolánico.

Según, Betancourt (2017, p. 231), la resistencia mecánica del vidrio es elevada (500 a 1000 Mpa y 20 a 50 Mpa) a compresión y flexión, su dureza es de 6.5 en la escala de Mohs, su densidad se encuentra en un rango de 2.3 a 2.6, aunque otros tipos de vidrios especiales pueden tener una densidad de 4 a 8.

**Las formas más comerciales del vidrio** son: el vidrio plano (para puertas, ventanas, elementos divisorios, etc.), vidrio reforzado, vidrio templado, en forma de bloques, como fibra de vidrio, etc.

Según Askeland, Fulay y Wright (2012), los vidrios más comunes se componen como indica en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** *Composición de vidrios comunes (en porcentaje en peso)*

Vidrio	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	PbO	Otros
Sílice fundida	<b>99</b>							
Vycor	96				4			
Pirex	81	2		4	12			
Frascos de vidrio	74	1	5	15		4		
Vidrio para ventanas	72	1	10	14		2		

Placa de vidrio/vidrio flotado	73	1	13	13		
Focos	74	1	5	16		4
Fibras	54	14	16		10	4
Termómetros	73	6		10	10	
Vidrio de plomo	67			6		17
						10% $K_2O$
Cristal óptico	50			1		19
						13% BaO, 8% $K_2O$ , ZnO
Corona óptica	70			8		10
						2% BaO, 8% $K_2O$
Fibras de vidrio E	55	15	20		10	
Fibras de vidrio S	65	25				10

---

Fuente: (Askeland, 2012), "Ciencia e ingeniería de materiales" Pág. 587

### Los componentes que conforman el vidrio el vidrio son:

**Los vitrificantes**, son materiales formadores del vidrio, componiendo la mayor cantidad de la masa, formando el esqueleto estructural del vidrio, otorgando las características principales (vidrios silicatos, de fosfato, de boro silicatos, etc.) (Morales, 2017, p. 30).

Entre los vitrificantes más utilizados tenemos:

**La Sílice ( $SiO_2$ )**, es el elemento principal de la fabricación del vidrio, constituyendo aproximadamente 3/4 partes de su composición (Varia entre 50 y 80%). Cuanto más sea su composición de sílice el vidrio tendrá mayor resistencia química, transparencia a la radiación ultravioleta y coque térmico. Si se reduce el porcentaje provoca la cristalización o desvitrificación.

**El trióxido de boro ( $B_2O_3$ )**, es un excelente formador de vidrio, casi nunca se utiliza porque tiene una solubilidad alta. Si se le asocia con la sílice, se produce vidrios muy resistentes a la temperatura.

Para Morales (2017, p. 30), los fundentes, ayudan en la fabricación del vidrio, ya que cumplen la función de disminuir la temperatura de fusión, para facilitar su trabajabilidad y elaboración.

Entre los óxidos tenemos:

**El óxido de sodio ( $Na_2O$ )**, es el segundo elemento con mayor presencia en los vidrios, entre un 12 y 15%; los materiales más utilizados, para aportar óxido de sodio son el carbonato sódico y el sulfato sódico.

**El óxido de potasio ( $K_2O$ )**, el vidrio que deriva de este óxido tiene mayor calidad, se producen menos fisuras, mayor facilidad de recocido y es más brillante. Se utiliza en la fabricación de vidrios ópticos, ornamentales o de aplicaciones especiales.

**Bases óxidos**, son elementos estabilizantes que permiten la modificación de las propiedades de los vidrios (Morales, 2017, p. 30).

a continuación, se mencionan los bases óxidos de uso más frecuente:

**El óxido de calcio ( $CaO$ )**, ocupa el tercer lugar como elemento más abundante en la masa del vidrio, esta, incrementa la estabilidad química y mecánica, actuando como estabilizante, en mayor cantidad facilita la vitrificación, se introduce por medio de caliza natural.

**El óxido de magnesio ( $MgO$ )**, mejora la estabilidad del vidrio, incrementado la viscosidad en un porcentaje de 3% a 4%, alargando el intervalo de tiempo moldeable.

**El óxido de bario (BaO)**, Incrementa la densidad del vidrio, el índice de refracción y su brillantez. Asimismo, mejora la sonoridad, incrementa la viscosidad, haciéndola ms moldeable, ampliando el tiempo de trabajo.

## **Estabilizantes**

Entre los estabilizantes tenemos:

**El óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**, le proporciona un incremento de resistencia mecánica, disminuye su coeficiente de dilatación térmica, mejora su estabilidad química, por ello los vidrios derivados tiene mayor resistencia al impacto térmico.

**El Óxido de plomo (PbO)**, mejora la calidad del vidrio, incrementado la refracción, la brillantez, la densidad y la sonoridad.

**El óxido de zinc (ZnO)**, en una proporción (5%), incrementa la resistencia química, el índice de refracción, la dureza.

**El óxido de hierro (FeO)**, su uso se dictamina por el color que se quiere obtener, en este caso el color negro.

## **Tipos de vidrio**

**El vidrio de sosa, cal y sílice**, es el vidrio más usado ya sea en la construcción u otras industrias, para la fabricación de hojas y placas que mayormente son usadas en puertas y ventanas, bombillas y recipientes (Amstock, 1999, p. 25).

Su composición es la siguiente:

SiO<sub>2</sub> = 70% Na<sub>2</sub>O = 15% y CaO = 10%

**El vidrio de sílice pura**, es un vidrio compuesto en un 99.5% de SiO<sub>2</sub>, según Amstock (1999, p. 25), el vidrio de sílice pura es usado para la elaboración de

espejos livianos usados en los telescopios, reflectores de rayos láser, crisoles especiales para transistores y como un tamiz molecular que deja pasar el hidrógeno y el helio, etc.

**El peso específico aparente** del vidrio molido, según Codina (2019) es de 1.56 g/cm<sup>3</sup>, y su peso específico propiamente dicho es de 2.06 g/cm<sup>3</sup>.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación:**

##### **Tipo de Investigación**

La investigación es de tipo aplicada, como su nombre indica, busca aplicar y usar los conocimientos logrados, adquiriendo otros conocimientos, después de llevar a cabo la investigación. La utilización del conocimiento y los resultados de investigación nos ayuda a conocer y hacer frente la realidad (Murillo, 2008) citado por (Vargas, 2009, p. 159).

El presente trabajo, aplica los conocimientos adquiridos sobre la tecnología del concreto, buscando solucionar o reducir los problemas de contaminación ambiental generados por la explotación de recursos como los agregados pétreos, para la producción del concreto.

##### **Diseño de la Investigación**

El diseño de la presente investigación es de tipo experimental, ya que se reemplazará agregado fino con porcentajes de vidrio reciclado molido para verificar si se incrementa la resistencia a la compresión del concreto experimentales en comparación a la del concreto patrón, elaborados y curados en laboratorio.

##### **Enfoque de la Investigación**

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, porque se seguirá etapas de manera secuencial para obtener resultados numéricos y probar la hipótesis planteada.

### **3.2. Variables y Operacionalización:**

#### **Variable cuantitativa 1:**

**Resistencia a la compresión:** Es la carga máxima por unidad de área que puede soportar una muestra de concreto antes de fallar por compresión, sea por agrietamiento o rotura.

#### **Variable Cuantitativa 2:**

**Vidrio reciclado Molido:** El vidrio es una mezcla isomorfa de varios silicatos (sodio, potasio, calcio, plomo, etc.) que se logra fusionando la mezcla de materia primas, que, al enfriar y solidificar adquiere una estructura amorfa.

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:**

#### **Población:**

La población está conformada por todos los especímenes cilíndricos (probetas de concreto) que se pueda elaborar.

#### **Muestra:**

La investigación estará conformada por 36 testigos cilíndricos (4"x8") de concreto. 9 testigos de concreto patrón y 27 testigos de concreto experimental reemplazando el 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, los cuales fueron curados y ensayados a los 7, 14 y 28 días. La cantidad de agregado fino a reemplazar se determinó en función al volumen y peso.

**Tabla 6.** *Numero de probetas cilíndricas de (6"x12") requeridos para la investigación*

Descripción		Ensayo			Total
		7 d	14 d	28 d	
Concreto patrón, CP – 100%AF + 0%VRM	0%	3	3	3	9
Concreto experimental, CE – 97%AF + 3%VRM	3%	3	3	3	9
Concreto experimental, CE – 93%AF + 7%VRM	7%	3	3	3	9
Concreto experimental, CE – 85%AF + 15%VRM	15%	3	3	3	9
<b>Total (Und)</b>					<b>36</b>

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

#### **Muestreo:**

El presente estudio tiene un muestreo no probabilístico, ya que la cantidad de muestra a ensayar se determinó por conveniencia.

#### **Unidad de análisis:**

El presente estudio tiene como unidad de análisis el concreto patrón y los concretos experimentales.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

En el presente estudio se llevó a cabo poniendo en práctica la técnica de observación participante, porque como investigador se participó directamente apoyando en los ensayos de laboratorio.

Los instrumentos para la recolección de datos fueron las fichas, tanto, para ensayos de agregados y resistencia a la compresión de las probetas de concreto.

### 3.5. Procedimientos:

Para la presente investigación se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento:

**Primero**, se realizó el reciclado y caracterización del vidrio plano que se utiliza en el sector construcción, para la fabricación de puertas y ventanas. Posteriormente, se determinó las propiedades físicas del vidrio reciclado molido (granulometría y peso unitario suelto), el peso específico del vidrio reciclado molido se tomó de la tesis de Codina (2018).

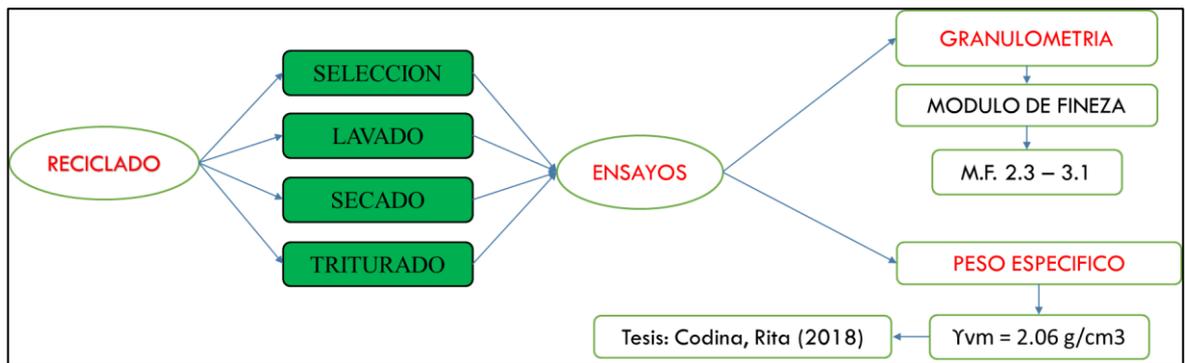


Figura 3. Pasos para la caracterización del vidrio reciclado

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

**Segundo**, se procedió con los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas del agregado grueso.

**Tercero**, se procedió con los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas del agregado fino.

**Cuarto**, se realizó el diseño de mezclas para determinar la relación a/c y la cantidad de materiales necesarias, para el proyecto. Se utilizó el cemento Sol Tipo I.

**Quinto**, se realizó los ensayos para determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimentales, para ello se tomó en cuenta lo que indica la norma ASTM C 39.

Todos los ensayos de laboratorio para la caracterización de los agregados (arena gruesa, piedra chancada y vidrio reciclado molido) se realizaron según los procedimientos indicados en la Norma ASTM y la Norma Técnica Peruana.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Los datos obtenidos, se analizaron apoyándose en los programas Microsoft Excel 2016, para las tablas y gráficas y SPSS v21 para determinar las varianzas, promedios y verificación de hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Código de ética, tiene por objetivo velar que las investigaciones se desarrollen con responsabilidad, honestidad y transparencia, fomentando las buenas prácticas sin ninguna discriminación hacia los investigadores, buscando sus bienestar, seguridad e igualdad. Los investigadores deberán llevar un proceso riguroso de obtención y análisis de datos, para ello es necesario que se tenga preparación y dominio del tema, asegurando que la investigación se ha realizado cumpliendo estrictamente con los requisitos de ética. Se cumplirá estrictamente con las normativas establecidas por instituciones que buscan minimizar los impactos negativos, en las plantas, animales o las unidades de investigación. Los resultados del estudio se publicarán y difundirán una vez concluida la investigación, para ello el autor y coautores darán su consentimiento. Los investigadores tienen que tomar en cuenta que el plagio es un delito, asimismo que tiene derecho a la autoría de su investigación. Las fallas de ética como el plagio y autoplagio son consideradas faltas graves, la sanción será sujeta a consideración del tribunal de honor de la Universidad.

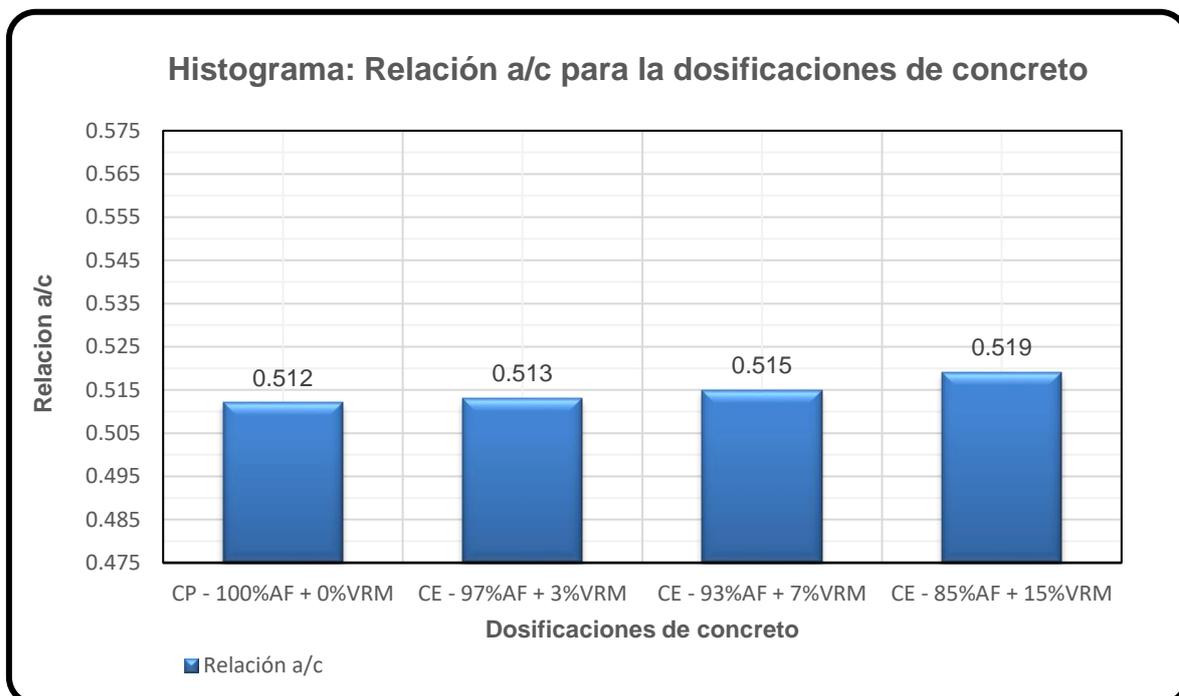
#### IV. RESULTADOS

La relación a/c que se determinó, para la presente investigación, se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Relación a/c para las dosificaciones de concreto

Dosificaciones de concreto	Vidrio reciclado molido	Relación a/c	Relación a/c teórico
CP - 100%AF + 0%VRM	0%	0.512	
CE - 97%AF + 3%VRM	3%	0.513	0.56
CE - 93%AF + 7%VRM	7%	0.515	
CE - 85%AF + 15%VRM	15%	0.519	

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



**Figura 4.** Relación a/c para las dosificaciones de concreto

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 7 y la figura 4, se observa que, la relación a/c del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM es de 0.512, menor que la relación a/c de los concretos experimentales con 3%AF + 97%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM, igual a 0.513, 0.515 y 0.519. La diferencia porcentual entre la relación a/c corregido de los concretos experimentales con 3%AF + 97%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM respecto a la relación a/c del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM es de 0.19%, 0.58% y 1.35%.

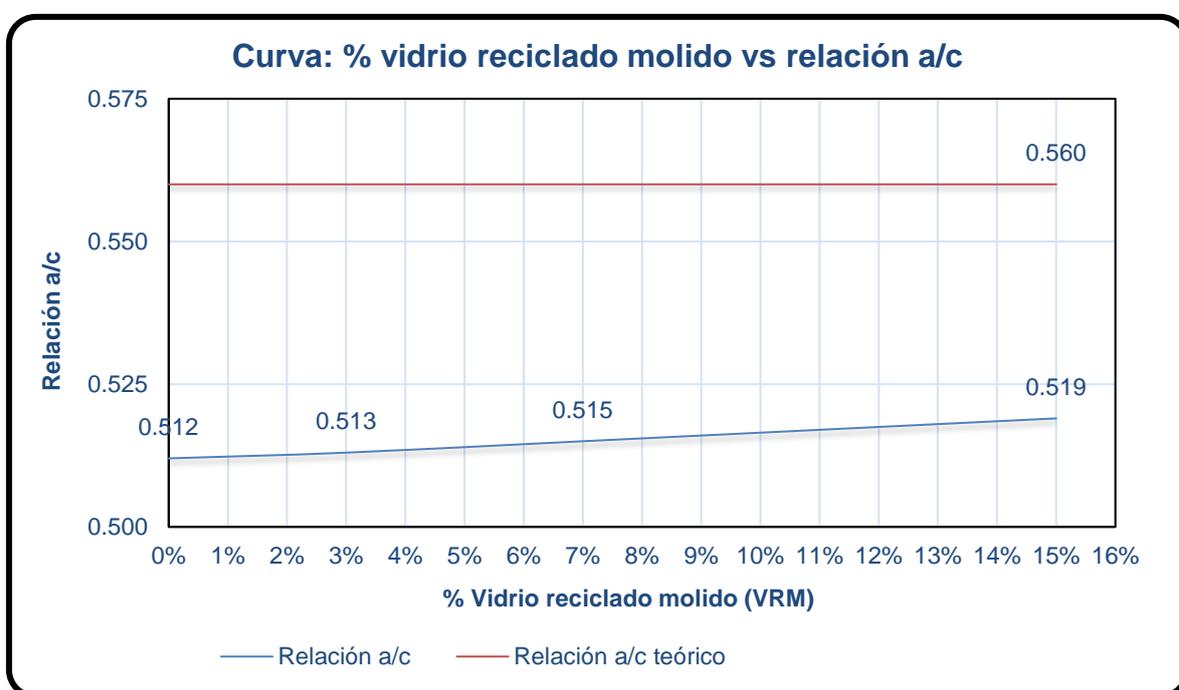


Figura 5. Curva: % vidrio reciclado molido vs relación a/c

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

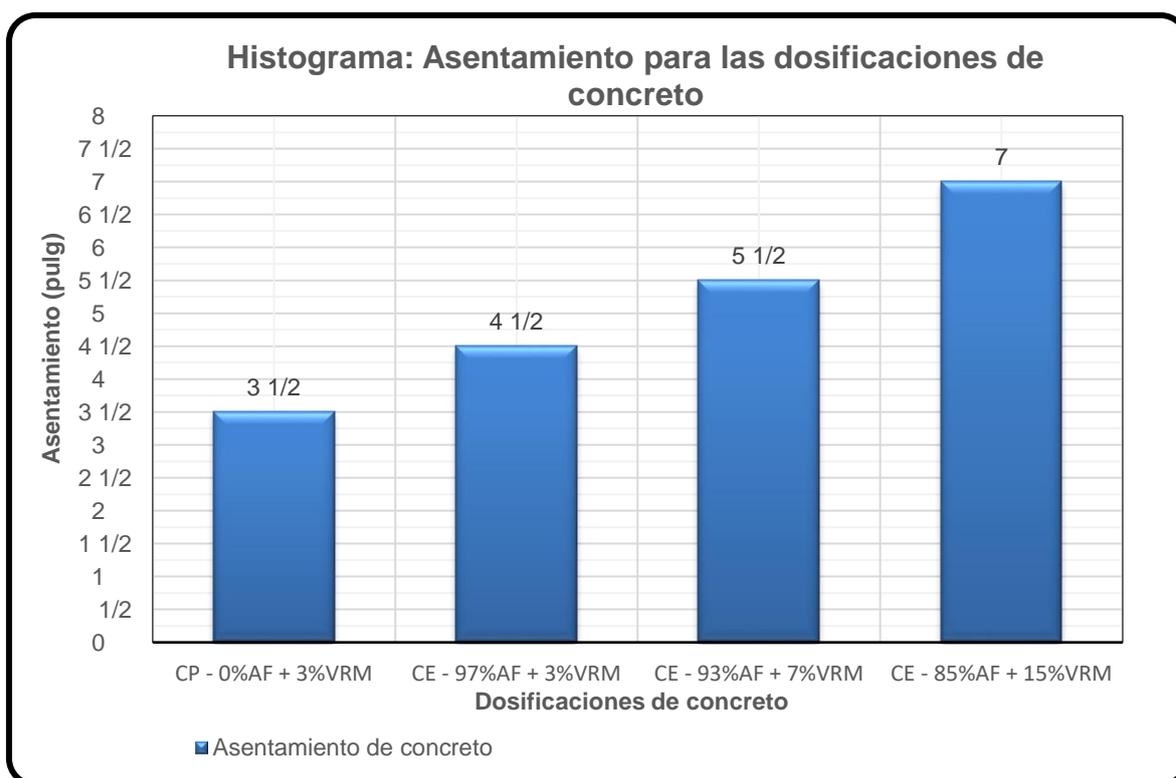
La figura 5, indica la curva generada entre el % vidrio reciclado molido y la relación a/c. Se observa que, la relación a/c se incrementa y tiende a aproximarse a la relación a/c teórico conforme se va reemplazando en mayor cantidad el agregado fino con vidrio reciclado molido.

El asentamiento del concreto que se determinó para la presente investigación, se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 8.** Asentamiento de concreto (Slump) para las dosificaciones de concreto

N°	Dosificaciones de concreto	Vidrio reciclado molido	Asentamiento (pulg)	Asentamiento (cm)
1	CP - 100%AF + 0%VRM	0%	3 1/2"	8.89
2	CE - 97%AF + 3%VRM	3%	4 1/2"	11.43
3	CE - 93%AF + 7%VRM	7%	5 1/2"	13.97
4	CE - 85%AF + 15%VRM	15%	7"	17.78

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



**Figura 6.** Asentamiento para las dosificaciones de concreto

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 8 y la figura 6, se observa que, el valor de asentamiento del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM fue de 3 1/2", menor que el asentamiento de los concretos experimentales con 3%AF + 97%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM que tienen valores de 4 1/2", 5 1/2" y 7". La diferencia porcentual del asentamiento de los concretos experimentales con 3%AF + 97%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM respecto al asentamiento del concreto patrón con 0%AF + 100%VRM es de 22.22%, 36,36% y 50.00%.

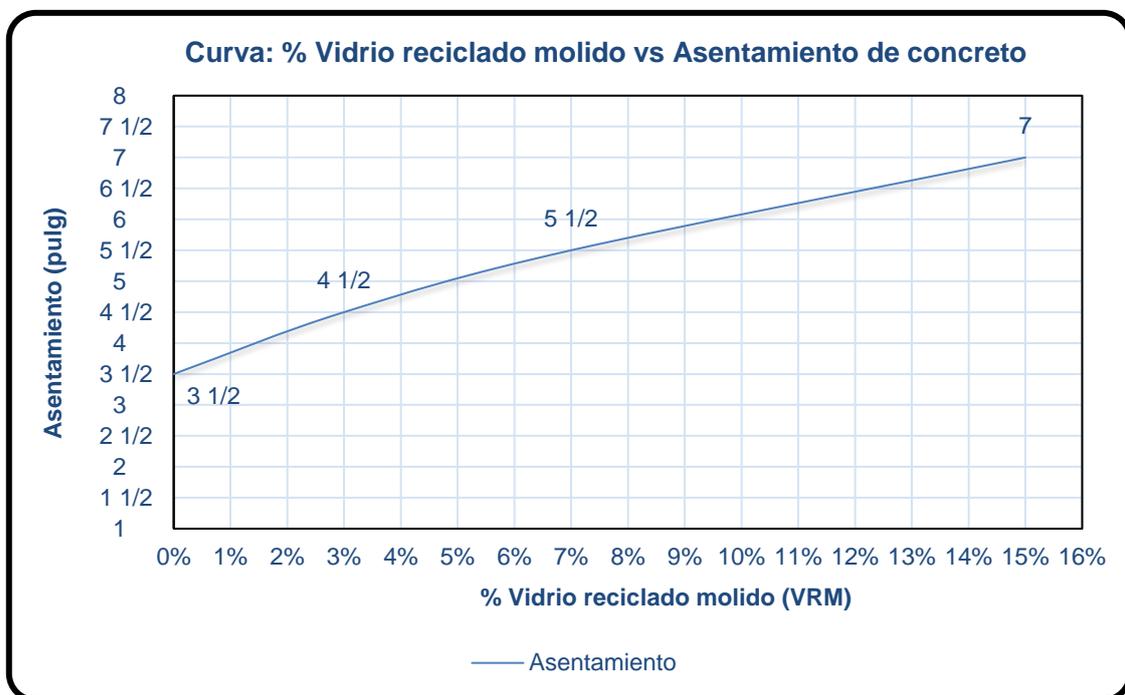


Figura 7. Curva: % de VRM vs asentamiento de concreto

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

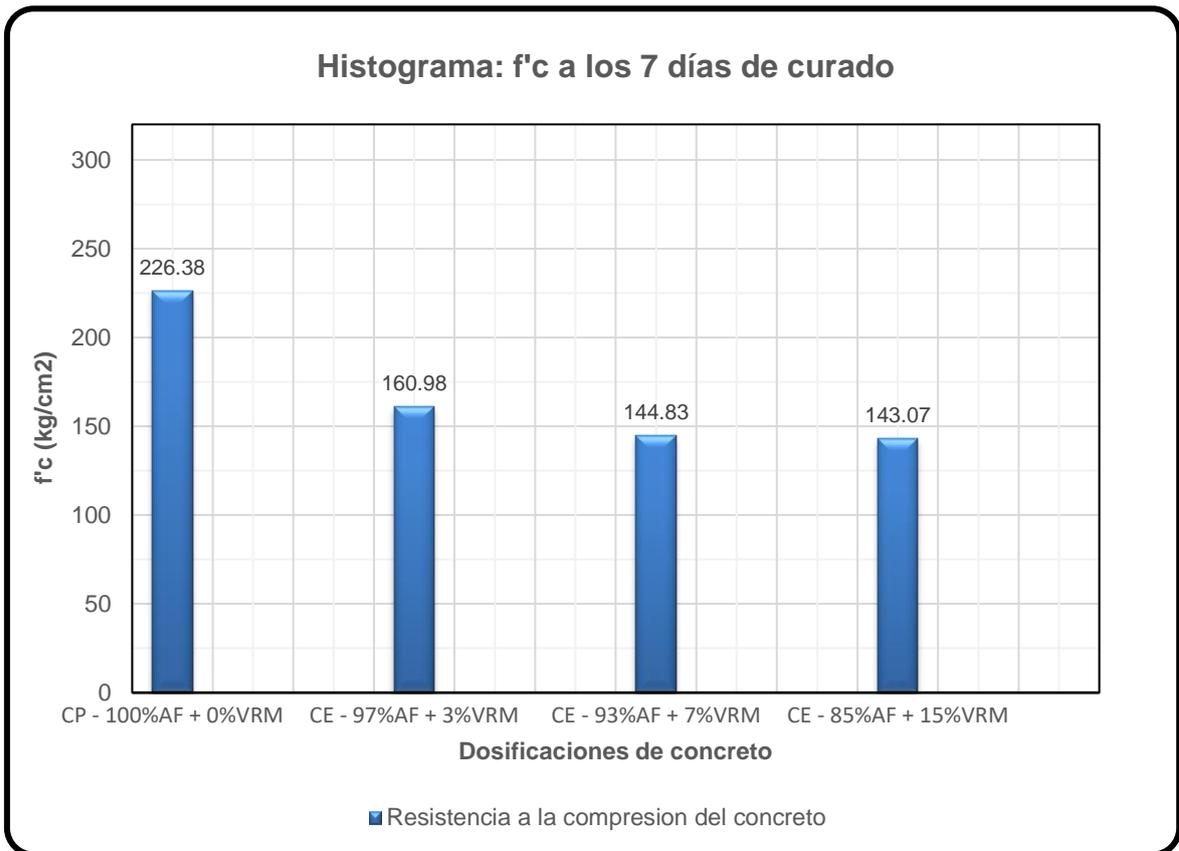
En la figura 7, se aprecia que, el asentamiento del concreto se incrementa cuanto mayor es la cantidad reemplazada de agregado fino con VRM (vidrio reciclado molido).

**La resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  que se determinó para la presente investigación, se presenta a continuación:**

**Tabla 9.** Resistencia a la *compresión del concreto a los 7 días de curado*

Probeta	Fecha		Curado (días)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc/ $f'c$ (%)
	Moldeo	Rotura							
P17- 0%VRM						40076	226.78		107.99
P27- 0%VRM	03/08/22	11/08/22	7	210	176.71	39876	225.65	226.38	107.45
P37- 0%VRM						40065	226.72		107.96
P17- 3%VRM						28950	163.82		78.01
P27- 3%VRM	04/08/22	12/08/22	7	210	176.71	28445	160.97	160.98	76.65
P37- 3%VRM						27950	158.16		75.32
P17- 7%VRM						25422	143.86		68.50
P27- 7%VRM	05/08/22	13/08/22	7	210	176.71	25240	142.83	144.83	68.01
P37- 7%VRM						26120	147.81		70.39
P17- 15%VRM						25570	144.70		68.90
P27- 15%VRM	06/08/22	15/08/22	7	210	176.71	25590	144.81	143.07	68.96
P37- 15%VRM						24689	139.71		66.53

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 8. f'c del concreto a los 7 días de curado*

Fuente: Elaboración propia - Trabajo de Tesis

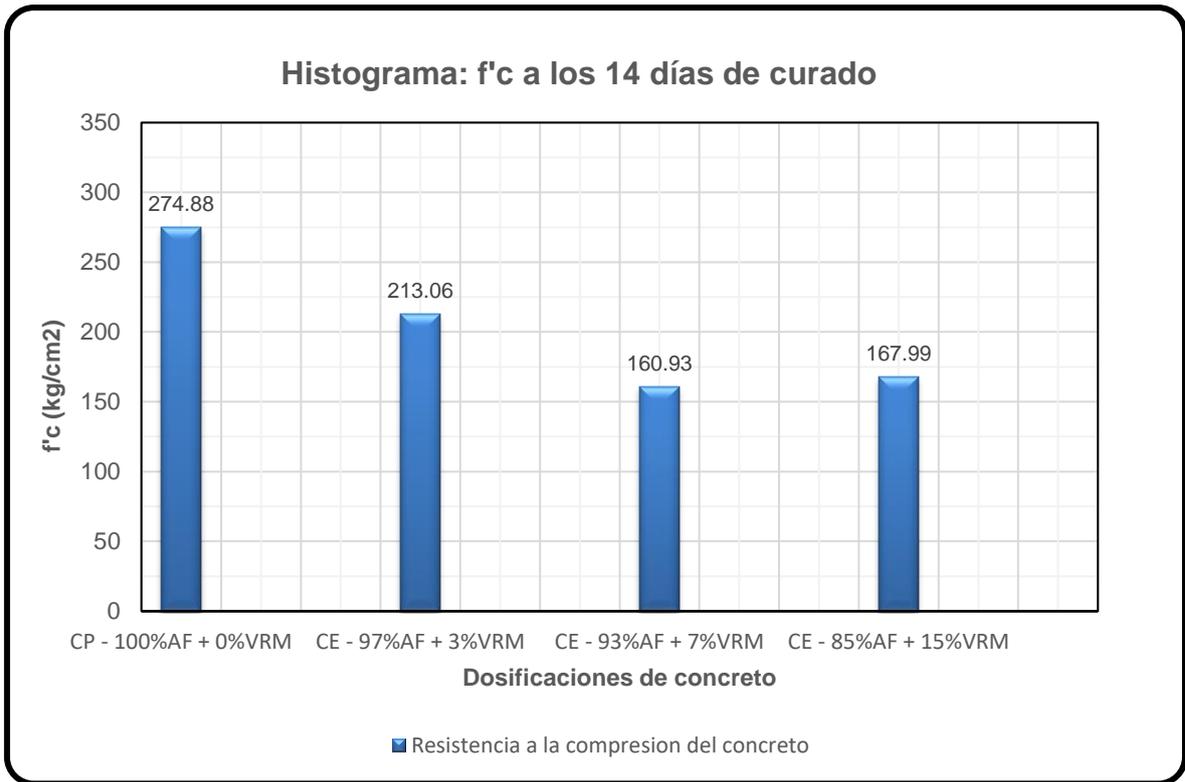
**Interpretación:**

En la tabla 9 y la figura 8, se observa que, la resistencia del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM es de 226.38 kg/cm<sup>2</sup>, mayor a la resistencia de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM, los cuáles fueron de 160.98, 144.83 y 143.07 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia del concreto patrón supera en 28.88%, 36.02% y 36.80% a la resistencia de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM.

**Tabla 10.** Resistencia a la compresión a los 14 días de curado

Probeta	Fecha		Curado (días)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc/f'c (%)
	Moldeo	Rotura							
P114- 0%VRM						49575	280.54		133.59
P214- 0%VRM	03/08/22	18/08/22	14	210	176.71	48680	275.47	274.88	131.18
P314- 0%VRM						47469	268.62		127.91
P114- 3%VRM						36589	207.05		98.60
P214- 3%VRM	04/08/22	19/08/22	14	210	176.71	37445	211.90	213.06	100.90
P314- 3%VRM						38920	220.24		104.88
P114- 7%VRM						21177	153.79		73.23
P214- 7%VRM	05/08/22	20/08/22	14	210	176.71	28250	159.86	160.93	76.12
P314- 7%VRM						29890	169.14		80.54
P114- 15%VRM						29431	166.55		79.31
P214- 15%VRM	06/08/22	22/08/22	14	210	176.71	29655	167.81	167.99	79.91
P314- 15%VRM						29975	169.62		80.77

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 9. f'c del concreto a los 14 días de curado*

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

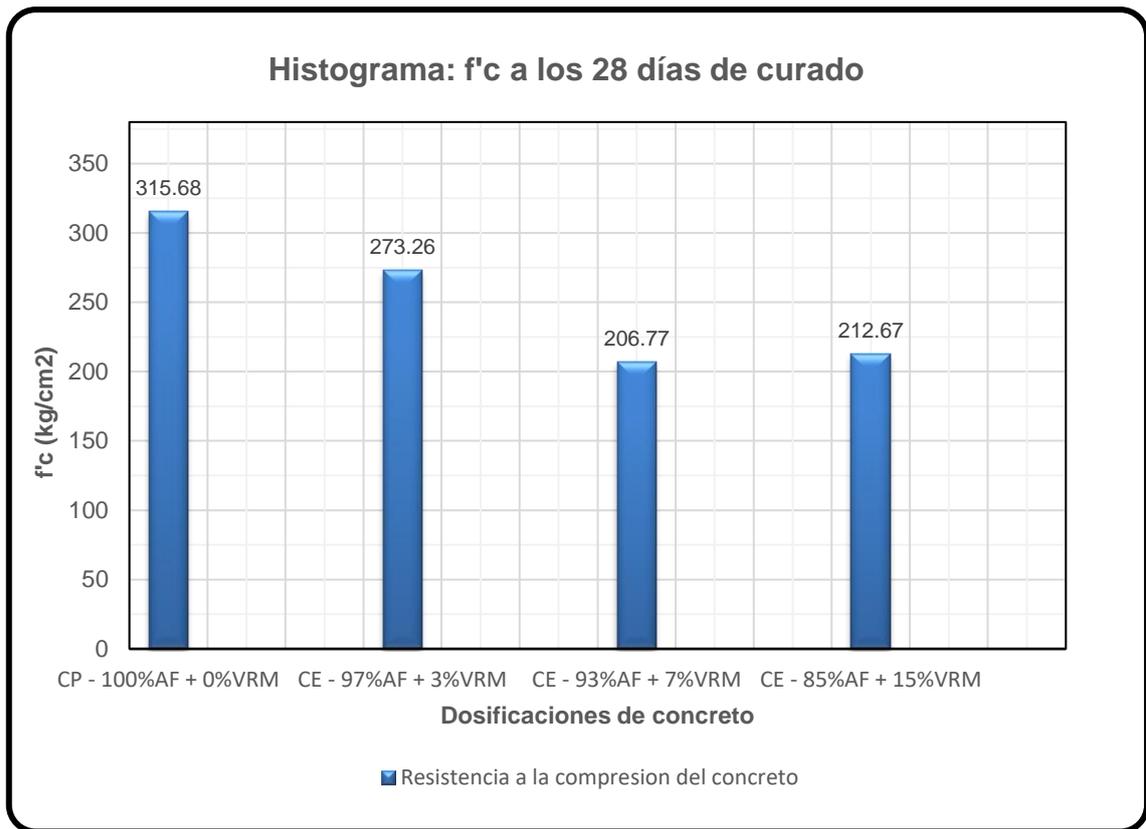
**Interpretación:**

En la tabla 10 y la figura 9, se observa que, la resistencia f'c del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM es de 274.88 kg/cm<sup>2</sup>, mayor que la resistencia de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM los cuáles fueron de, 213.06, 160.93 y 167.99 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se aprecia que, la diferencia porcentual entre los valores de f'c del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM respecto a f'c de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM es de 22.49%, 41.45% y 38.88%.

**Tabla 11. Resistencia a la compresión a los 28 días de curado**

Probeta	Fecha		Curado (días)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc/f'c (%)
	Moldeo	Rotura							
P128- 0%VRM						55780	315.65		150.31
P228- 0%VRM	03/08/22	01/09/22	28	210	176.71	55690	315.14	315.68	150.07
P328- 0%VRM						55885	316.24		150.59
P128- 3%VRM						48338	273.54		130.26
P228- 3%VRM	04/08/22	02/09/22	28	210	176.71	48555	274.77	273.26	130.84
P328- 3%VRM						47975	271.48		129.28
P128- 7%VRM						35869	202.98		96.66
P228- 7%VRM	05/08/22	04/09/22	28	210	176.71	36770	208.08	206.77	99.08
P328- 7%VRM						36975	209.24		99.64
P128- 15%VRM						37254	210.81		100.39
P228- 15%VRM	06/08/22	05/09/22	28	210	176.71	37375	211.50	212.67	100.71
P328- 15%VRM						38115	215.69		102.71

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 10. f'c del concreto a los 28 días de curado*

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

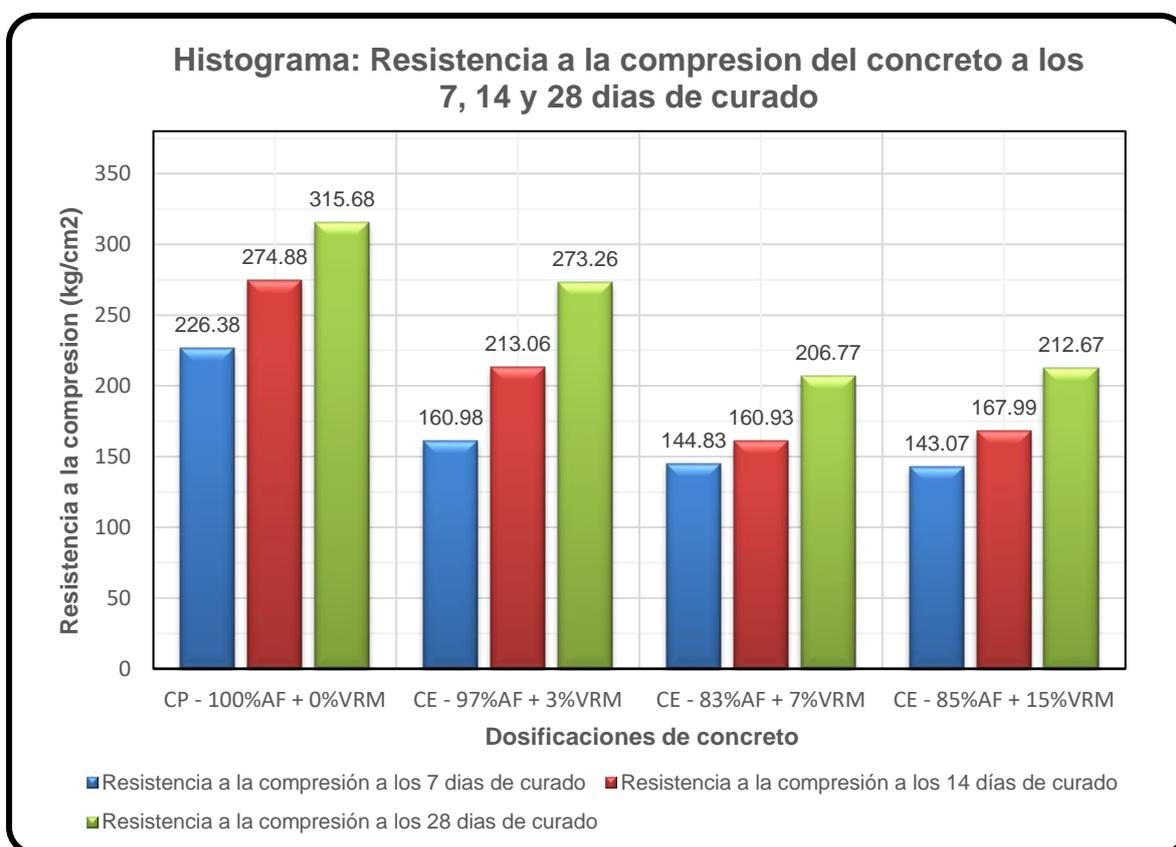
**Interpretación:**

En la tabla 11 y la figura 10, se observa que, la resistencia f'c del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM es de 274.88 kg/cm<sup>2</sup>, mayor que la resistencia f'c de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM los cuáles fueron de, 273.26, 206.77 y 212.67 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se aprecia que, la diferencia porcentual de la resistencia del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM respecto a la resistencia de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM es de 13.44%, 34.50% y 32.63%.

**Tabla 12.** Resumen de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado

Dosificaciones de Concreto	Vidrio Reciclado Molido	Tiempo (días)		
		7	14	28
CP – 100%AF + 0%VRM	0%	226.38	274.88	315.68
CE – 97%AF + 3%VRM	3%	160.98	213.06	273.26
CE – 93%AF + 7%VRM	7%	144.83	160.93	206.77
CE – 85%AF + 15%VRM	15%	143.07	167.99	212.67

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



**Figura 11.** Resumen de resistencia a la compresión del concreto

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

En la tabla 12 y la figura 11, se observa que, la resistencia a la compresión del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM es mayor que la resistencia de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM a los 7, 14 y 28.

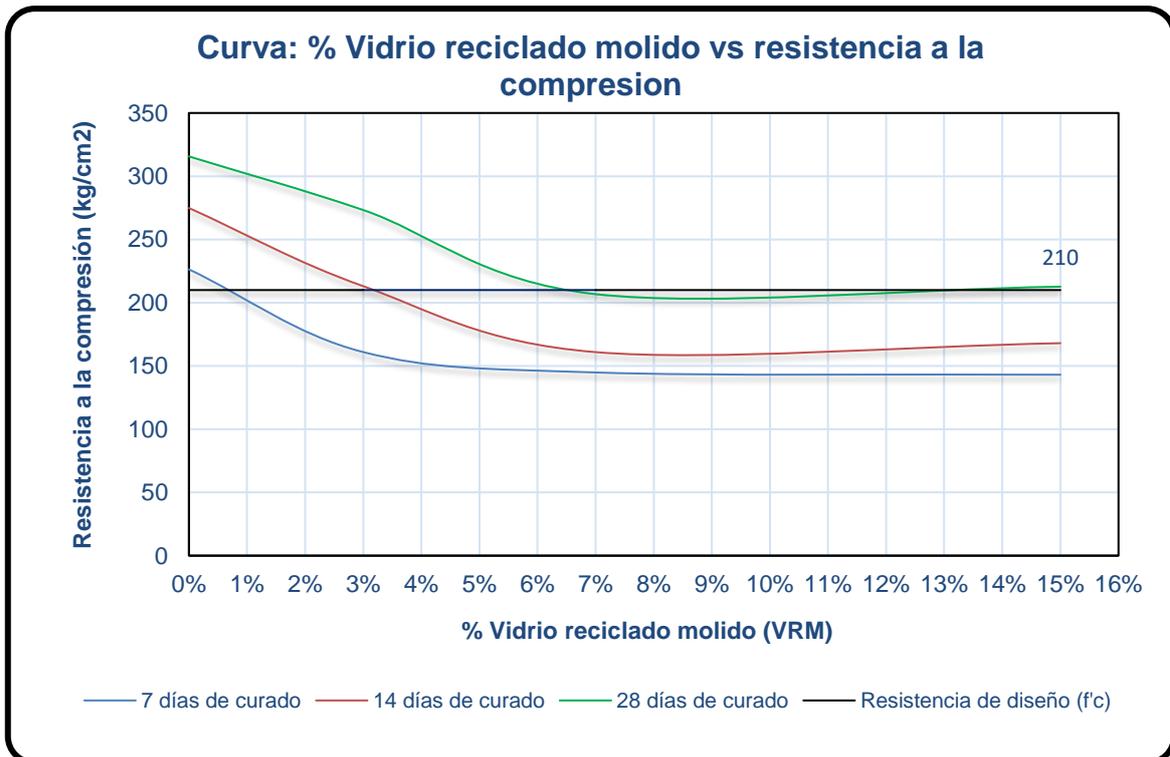


Figura 12. Curva: % de VRM vs resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

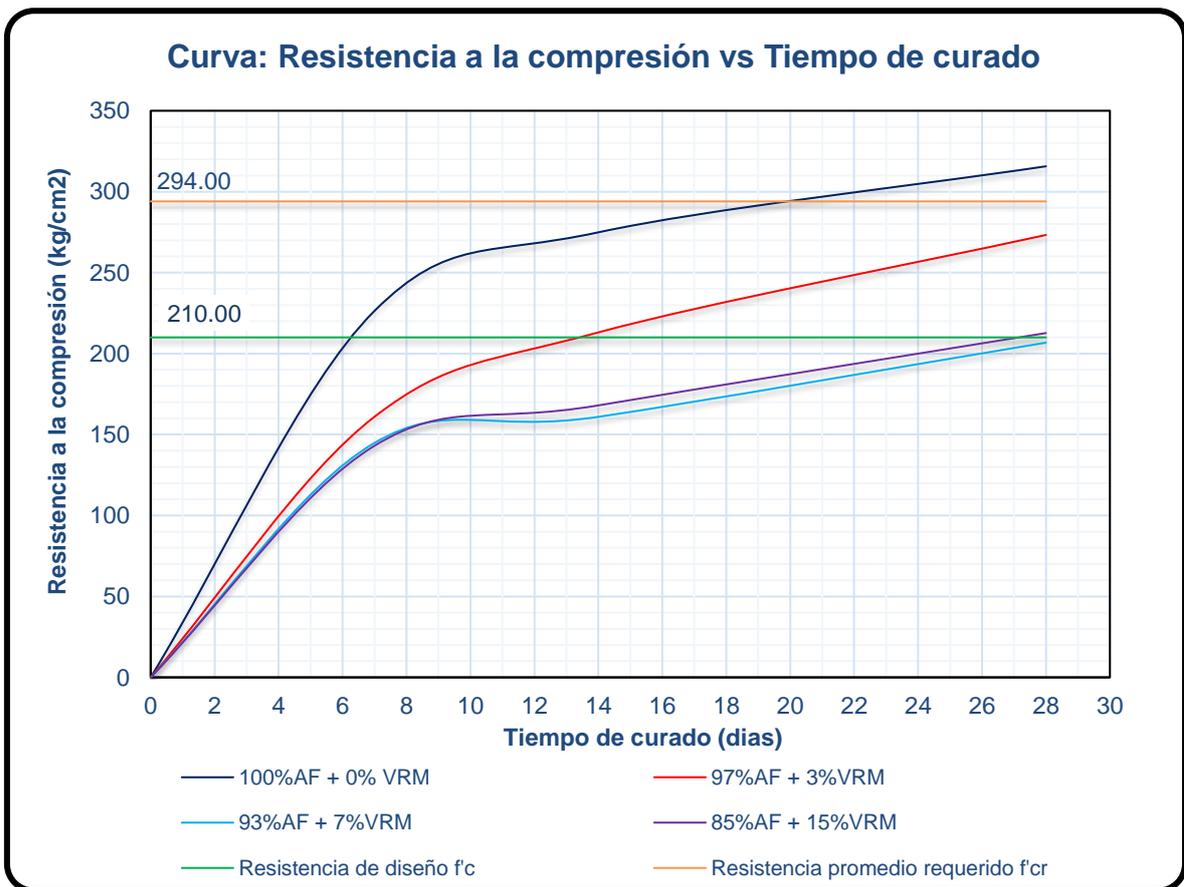
### Interpretación:

En la figura 12, se observa que, a medida que se incrementa el % VRM, la resistencia del concreto disminuye a lo largo del tiempo de curado (7, 14 y 28 días). Asimismo, a los 28 días el concreto patrón con 100%AF + 0%VRM y los concretos experimental con 97%AF + 3%VRM y 85%AF + 15%VRM, superan el  $f'_c$  de diseño, mientras que el concreto experimental con 93%AF + 7%VRM no logra superar la resistencia de diseño.

**Tabla 13.** Resistencia a la compresión de los concretos respecto al tiempo de curado

Tiempo (días)	% VRM (vidrio reciclado molido)			
	0%	3%	7%	15%
7	226.38	160.98	144.83	143.07
14	274.88	213.06	160.93	167.99
28	315.68	273.26	206.77	212.67

Fuente: Producción propia



**Figura 13.** Curva: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

## Interpretación:

En la tabla 13 y la figura 13, se observa que, el concreto patrón con 100%AF + 0%VRM, logra superar la resistencia de diseño  $f'c$  a los 7 y 14 días, del mismo modo a la resistencia  $f'cr$  a los 28 días. El concreto experimental reemplazando con 97%AF + 3%VRM supera la resistencia de diseño  $f'c$ , los 14 días de curado, pero no logra superar la resistencia promedio requerido  $f'cr$ . El concreto experimental con 85%AF + 15%VRM logra superar por mínima diferencia a la resistencia de diseño  $f'c$ , a los 28 día, mientras que, el concreto experimental con 93%AF + 7%VRM no logra superar al  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

El concreto patrón con 100%AF + 0%VRM, superó la resistencia de los concretos experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado. del mismo modo, el concreto experimental con 97%AF + 3%VRM fue superior a la resistencia de los concretos experimentales con 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM, a lo largo del tiempo de curado.

## Control de aceptación del concreto

Para el control de aceptación del concreto se tomó en cuenta lo indicado en el reglamento de la American Concrete Institute ACI 318.

**Tabla 14.** Control de aceptación del concreto - ACI 318

Dosificaciones de concreto	% VRM	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite aceptable de resistencia ( $f'c - 35$ kg/cm <sup>2</sup> )
CP – 100%AF + 0%VRM	0.00	210.00	294	315.68	175.00
CE – 97%AF + 3%VRM	3.00	210.00	294	273.26	175.00
CE – 93%AF + 7%VRM	7.00	210.00	294	206.77	175.00
CE – 85%AF + 15%VRM	15.00	210.00	294	212.67	175.00

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

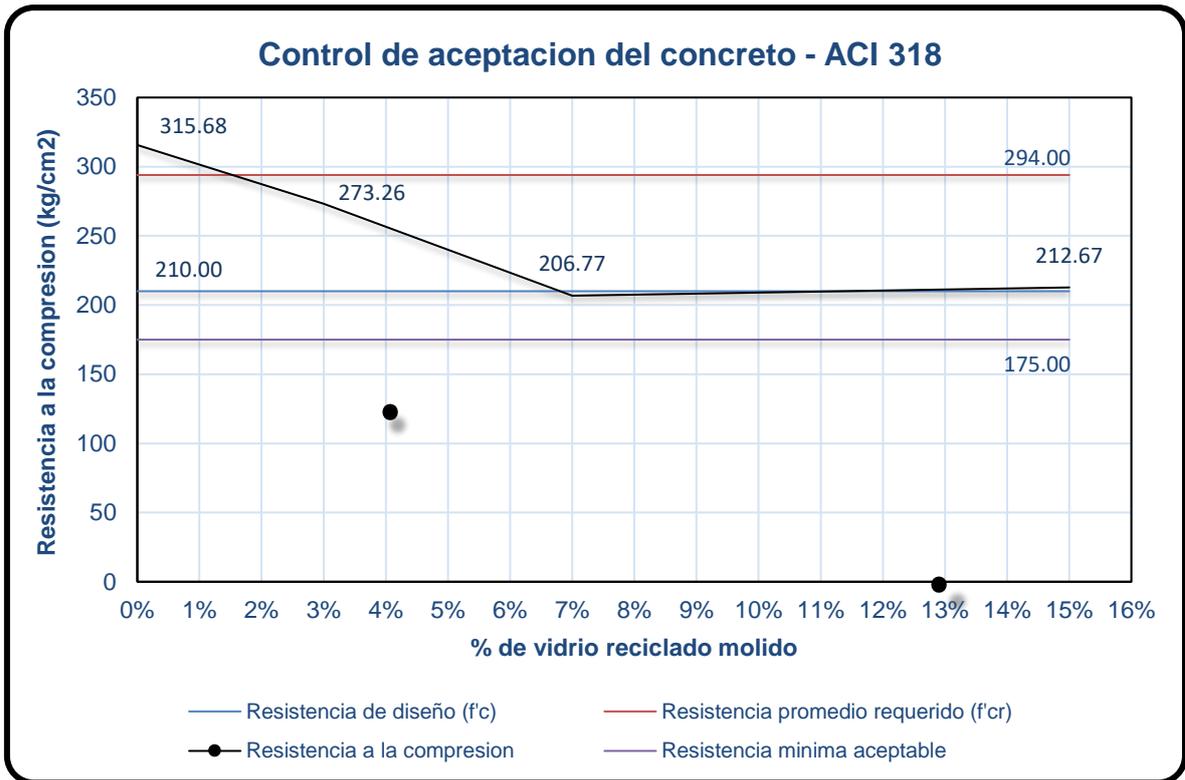


Figura 14. Control de aceptación del concreto - ACI 318

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

**Interpretación:**

En la tabla 14 y figura 14, se observa que, la resistencia a la compresión, tanto, del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM y los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM, se encuentran dentro del rango de calidad aceptable de concreto, especificado por el comité ACI 318, ya que sus resistencias, resultaron ser mayores a la resistencia mínima  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  correspondiente a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  ( $f'c - 35 \text{ kg/cm}^2$ ).

## Prueba de Hipótesis

**Hipótesis específico 01:** La relación a/c varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

**Tabla 15.** Datos de relación a/c y % de vidrio reciclado molido

Dosificación de concreto	Vidrio reciclado molido (%)	Relación a/c
CP – 100%AF + 0%VRM	0%	0.512
CE – 97%AF + 3%VRM	3%	0.513
CE – 93%AF + 7%VRM	7%	0.515
CE – 85%AF + 15%VRM	15%	0.519

Fuente: Producción propia

### ✓ **Análisis descriptivo**

**Tabla 16.** Análisis descriptivo de los datos de relación a/c corregido y % de vidrio reciclado molido

Descripción	Media	Varianza	Desviación Estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
% de vidrio reciclado molido	6.25	42.25	6.50	-12.732	25.232	0.000	15.000
Relación a/c	0.514	0.000	0.003	0.505	0.523	0.512	0.519

Fuente: Elaboración propia, Software SPSS, 2022 – Trabajo de Tesis

### ✓ **Análisis de normalidad**

**Hipótesis nula (Ho):** Los valores de relación a/c cemento siguen una distribución normal.

**Hipótesis Alterna (H1):** Los valores de relación a/c cemento siguen una distribución normal.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.01$  (1%)

Si, P – Valor < 0.01, se rechazara “Ho”

Si, P – Valor > 0.01, se aceptara “Ho”

**Tabla 17.** Análisis de normalidad para datos de relación a/c corregido y % de vidrio reciclado molido

Descripción	Estadístico	Shapiro – Wilk N° Probetas	P-Valor
% de vidrio reciclado molido	0.95	4	0.717
Relación a/c	0.92	4	0.538

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### **Interpretación:**

Según la tabla 17, se observa que el P – Valor o Significancia en ambos grupos es mayor que  $\alpha = 0.01$ , por lo tanto, se acepta el “Ho”.

### ✓ **Regresión lineal**

Para interpretar el coeficiente de correlación “R” de Pearson, se utilizó la siguiente tabla:

**Tabla 18.** *Valores del Coeficiente de correlación de Pearson*

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Guías prácticas de SPSS para diseños paramétricos y no paramétricos, 2019, pg. 47

**Tabla 19.** *Resumen del modelo de regresión lineal*

Resumen de Modelo									
Modelo	Coeficiente de Pearson R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregido	Error de estimación	Estadísticos de cambio				
					Cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	en F
1	0,998	0,996	0,994	.00023	0,996	518,580	1	2	0,002

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 19, el coeficiente de correlación “R” de Pearson, tiene un valor de 0.998, comparando con los valores de la tabla 18, se afirma que, entre las variables analizadas existe una correlación positivo muy alta. Asimismo, el valor de R<sup>2</sup> corregido tiene un valor de 0.994, que indica que el 99.4% de la variación de la relación a/c es explicada por la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

**Tabla 20.** *Coefficientes de regresión lineal*

Modelo	Coeficientes				P-Valor
	Coeficientes no estandarizados		Tipificados	t	
	B	Error típico	Beta		
Constante	0.512	0.000		2914.864	0.000
% de vidrio reciclado molido	0.000475	0.000	0.998	22.772	0.002

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### **Interpretación:**

Según la tabla 20, el valor de la constante  $B = 0.512$ , es el origen de la recta de regresión (a) y el coeficiente  $B = 0.000475$  es la pendiente de la regresión (b), indica que entre relación a/c (y) y el % de vidrio reciclado molido (X) existe una relación proporcionalmente directa. Se presenta la expresión, para el pronóstico de la relación a/c del concreto:

$$y = 0.512 + 0.000475X$$

### ✓ **Prueba de hipótesis: ANOVA**

Para la prueba ANOVA, se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** No La relación a/c no varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

**Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** La relación a/c varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Si,  $P - Valor < 0.05$ , se rechazara " $H_0$ "

Si, P – Valor o Sig. > 0.05, se aceptara “Ho”

**Tabla 21.** Prueba de hipótesis ANOVA para los valores de % de vidrio reciclado molido y relación a/c corregido.

ANOVA					
Modelo	Cuadrados	gl	Cuadrática	F	P - valor
Regresión	0.000	1	0.000	518.58	0.002

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 21, el P – Valor o significancia tiene un valor de 0.002 menor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se acepta “H1”

**Hipótesis específico 02:** El asentamiento del concreto varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

**Tabla 22.** Datos de % de VRM (vidrio reciclado molido) y asentamiento para la prueba de hipótesis

Dosificación de concreto	Vidrio reciclado molido (%)	Asentamiento de concreto (pulg)	Asentamiento de concreto (cm)
CP – 100%AF + 0%VRM	0	3 1/2"	8.69
CE – 97%AF + 3%VRM	3	4 1/2"	11.43
CE – 93%AF + 7%VRM	7	5 1/2"	13.97
CE – 85%AF + 15%VRM	15	7"	17.78

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

✓ **Análisis descriptivo**

**Tabla 23.** Análisis descriptivo de los datos de % de vidrio reciclado molido y asentamiento del concreto fresco

Descripción	Media	Varianza	Desviación Estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
% de vidrio reciclado molido	6.25	42.25	6.50	-4.093	16.593	0.000	15.000
Asentamiento de concreto fresco	12.967	14.942	3.865	6.816	19.118	8.69	17.78

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

✓ **Análisis de normalidad**

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** Los valores de asentamiento del concreto siguen una distribución normal.

**Hipótesis Alterna (H<sub>1</sub>):** Los valores de asentamiento de concreto no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.01$  (1%)

Si P – Valor < 0.01, se rechazara “H<sub>0</sub>”

Si P – Valor > 0.01, se aceptara “H<sub>0</sub>”

**Tabla 24.** Análisis de normalidad de los datos de % de vidrio reciclado molido y asentamiento del concreto fresco

Descripción	Estadístico	Shapiro – Wilk N° Probetas	P-Valor
% de vidrio reciclado molido	0.95	4	0.717
Asentamiento de concreto fresco	0.992	4	0.969

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 24, se observa que el P – Valor o Significancia en ambos grupos es mayor que  $\alpha = 0.01$ , por lo tanto, se acepta “Ho”.

#### ✓ Regresión lineal

Los datos de % de vidrio reciclado molido y asentamiento de concreto siguen una distribución normal, por lo tanto, se puede realizar el análisis de regresión lineal.

**Tabla 25.** Resumen del modelo de regresión lineal para % de VRM (vidrio reciclado molido) y asentamiento del concreto

Resumen de Modelo									
Modelo	Coeficiente de Pearson R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregido	Error de estimación	Estadísticos de cambio				
					Cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	en F
1	0,990	0.979	0.969	0.681	0.979	<b>94.575</b>	1	2	0.010

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 25, se observa que, el “R” de Pearson tiene un valor de 0.990, comparando con los valores de tabla 34, se afirma que, existe una correlación positivo muy alta entre las variables analizadas. Asimismo, el valor de R<sup>2</sup> corregido tiene un valor de 0.969, indicando que el 96.9% de la variación del asentamiento del concreto fresco es explicada por la cantidad porcentual de VRM (vidrio reciclado molido).

**Tabla 26.** Coeficientes de regresión lineal para % de VRM (vidrio reciclado molido) y asentamiento del concreto

Modelo	Coeficientes				t	P-Valor
	Coeficientes no estandarizados		Tipificados			
	B	Error típico	Beta			
Constante	9.289	0.509			18.25	0.003
% de vidrio reciclado molido	0.589	0.061	0.990		9.725	0.010

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 26, se observa que, el valor de la constante  $B = 9.289$ , es el origen de la recta de regresión (a) y el coeficiente  $B = 0.589$  es la pendiente de la regresión (b), indica que entre el asentamiento del concreto fresco (y) y el % de vidrio reciclado molido (X) existe una relación proporcionalmente directa. Se presenta la expresión de la regresión lineal, para el pronóstico del asentamiento de concreto.

$$y = 9.289 + 0.589X$$

### ✓ Prueba de hipótesis ANOVA

Para la prueba ANOVA, se plantea las hipótesis:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** El asentamiento del concreto no varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

**Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** El asentamiento del concreto varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Si,  $P - \text{Valor} < 0.05$ , se rechazara "Ho"

Si,  $P - \text{Valor} > 0.05$ , se aceptara "Ho"

**Tabla 27.** Prueba de hipótesis ANOVA para % de vidrio reciclado molido y asentamiento de concreto fresco

ANOVA					
Modelo	Cuadrados	gl	Cuadrática	F	P-Valor
Regresión	43.898	1	43.898	94.575	0.010

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 27, se observa que, el  $P - \text{Valor}$  es igual a 0.010, menor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se acepta la "H1".

**Hipótesis específico 03:** Se incrementa positivamente la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un 0%, 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido.

### Prueba de hipótesis para los 7 días de curado

**Tabla 28.** Cuadro ANOVA para datos de  $f'c$  a los 7 días de curado

Tiempo (días)	Numero	Dosificaciones de concreto			
		0% de vidrio reciclado molido	3% de vidrio reciclado molido	7% de vidrio reciclado molido	15% de vidrio reciclado molido
Resistencia a la	1	226.78	163.82	143.86	144.70
compresión los 7	2	225.65	160.97	142.83	144.81
días de curado	3	226.72	158.16	147.81	139.71

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

✓ **Análisis descriptivos**

**Tabla 29.** Análisis descriptivos de  $f'c$  a los 7 días de curado

Dosificación de concreto	Media	Varianza	Desviación Estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
				CP - 100%AF + 0%VRM	226.38		
CE - 3%AF + 97%VRM	160.98	8.00	2.83	153.95	168.01	158.16	163.82
CE - 93%AF + 7% VRM	144.83	6.91	2.62	138.30	151.36	142.83	147.81
CE – 85%AF + 15%VRM	143.07	8.48	2.91	135.83	150.31	139.71	144.81

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

✓ **Análisis de normalidad**

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Los valores de resistencia a la compresión siguen una distribución normal

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** Los valores de resistencia a la compresión no siguen una distribución normal

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Si,  $P - \text{Valor} < 0.05$ , se rechazara " $H_0$ "

Si,  $P - \text{Valor} > 0.05$ , se aceptara " $H_0$ "

**Tabla 30.** Análisis de normalidad por el método Shapiro – Wilk para datos de  $f'c$  a los 7 días de curado

Descripción	Estadístico	Shapiro – Wilk N° Probetas	P - Valor
CP – 100%AF + 0%VRM	0.790	3	0.090

CE – 97%AF + 3%VRM	1.000	3	0.992
CE – 93%AF + 7%VRM	0.897	3	0.377
CE – 85%AF + 15%VRM	0.766	3	0.036

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 30, se observa que, el P – Valor de la mayoría de los grupos son mayores que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se acepta “Ho”, y se afirma que, los datos de resistencia a la compresión a los 7 días de curado siguen una distribución normal.

#### ✓ **Análisis de homogeneidad de varianzas**

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula Ho:** Las varianzas de los grupos no son diferentes

**Hipótesis Alterna H1:** Las varianzas de los grupos son diferentes

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Si, P – Valor < 0.05, se rechazara “Ho”

Si, P – Valor > 0.05, se aceptara “Ho”

**Tabla 31.** Análisis de homogeneidad de varianzas con la prueba test de Levene para datos de f’c a los 7 días de curado

Descripción	Prueba	Estadístico de Levene	P - Valor
Resistencia a la compresión a los 7 días	Basado en la media	1.611	0.262

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 31, se observa que, el P – Valor es igual a 0.262 mayor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se acepta “Ho” y se firma que, los datos de los grupos no son diferentes, por lo tanto, tienen homogeneidad de varianzas.

#### ✓ **Prueba de hipótesis: ANOVA**

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula (Ho):** La resistencia media del concreto patrón no es significativo en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales.

**Hipótesis alterna (H1):** La resistencia media del concreto patrón es significativo en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Si, P – Valor < 0.05, se rechazara “Ho”

Si, P – Valor > 0.05, se aceptara “Ho”

**Tabla 32.** Prueba de hipótesis ANOVA para datos de  $f'c$  a los 7 días de curado

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P - Valor
Entre grupos	13839.605	4613.202	774.972	0.000

Fuente: Elaboración Propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 32, se observa que, el P – Valor es igual a 0.000, menor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se rechaza “Ho” y se acepta “H1”.

## ✓ Prueba de Tukey

Se realizó la prueba de Tukey o comparaciones múltiples:

**Tabla 33.** Comparaciones múltiples con la prueba de Tukey para datos de  $f'c$  a los 7 días de curado

Descripción	(I) % de vidrio molido	(J) % de vidrio molido	Diferencia de medias (I – J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Resistencia a la compresión a los 7 días	CP – 100%AF + 0%VRM	CE – 97% + 3%VRM	65.400	1.992	0.000	59.0206	71.7794
		CE – 93%AF + 7%VRM	81.550	1.992	0.000	75.1706	87.9294
		CE – 85%AF + 15%VRM	83.310	1.992	0.000	76.9306	89.6894
	CE – 97%AF + 3%VRM	CP – 100%AF + 0%VRM	-65.400	1.992	0.000	-71.7794	-59.0206
		CE – 93%AF + 7%VRM	16.150	1.992	0.000	9.7706	22.5294
		CE – 85%AF + 15%VRM	17.910	1.992	0.000	11.5306	24.2894
	CE – 93%AF + 7%VRM	CP – 100%AF + 0%VRM	-81.550	1.992	0.000	-87.9294	-75.1706
		CE – 97%AF + 3%VRM	-16.150	1.992	0.000	-22.5294	-9.7706
		CE – 85%AF + 15%VRM	1.76000	1.992	0.814	-4.6194	8.1394
	15% VRM	CP – 100%AF + 0%VRM	-83.310	1.992	0.000	-89.6894	-76.9306
		CE – 97%AF + 3%VRM	-17.910	1.992	0.000	-24.2894	-11.5306
		CE – 93%AF + 7%VRM	-1.760	1.992	0.814	-8.1394	4.6194

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

De la tabla 33, se observa que, el P – Valor del concreto patrón con 0% de vidrio reciclado molido en comparación de los concretos experimentales con 3%, 7% y 15% de vidrio reciclado molido, es igual a 0.000, menor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se afirma que, la resistencia a la compresión del concreto patrón en comparación

al concreto experimental sustituyendo un 3%, 7% y 15% de agregado fino con VRM, varia significativamente a los 7 días de curado.

### Prueba de hipótesis para 14 días de curado

**Tabla 34.** Cuadro ANOVA para datos de  $f'c$  a los 14 días de curado

Tiempo (días)	Numero	Dosificaciones de concreto			
		0% de vidrio reciclado molido	3% de vidrio reciclado molido	7% de vidrio reciclado molido	15% de vidrio reciclado molido
Resistencia a la compresión a los 14 días	1	280.54	207.05	153.79	166.55
	2	275.47	211.90	159.86	167.81
	3	268.62	220.24	169.14	169.62

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### ✓ *Análisis descriptivos*

**Tabla 35.** Análisis descriptivos de datos de  $f'c$  a los 14 días de curado

Dosificación de concreto	Media	Varianza	Desviación Estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
CP – 100% + 0%VRM	274.87	35.78	5.98	260.01	289.73	268.62	280.54
CE – 97%AF + 3%VRM	213.06	44.50	6.67	196.49	229.63	207.05	220.24
CE – 93%AF + 7%VRM	160.93	59.76	7.73	141.72	180.13	153.79	169.14
CE – 85%AF + 15%VRM	167.99	2.38	1.54	164.16	171.82	166.55	169.62

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### ✓ **Análisis de normalidad**

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula (Ho):** Los valores de resistencia a la compresión siguen una distribución normal.

**Hipótesis Alternativa (H1):** Los valores de resistencia a la compresión no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Si, P – Valor < 0.05, se rechazara “Ho”

Si, P – Valor > 0.05, se aceptara “Ho”

**Tabla 36.** Análisis de normalidad para datos de  $f'c$  a los 14 días de curado

Descripción	Shapiro – Wilk		
	Estadístico	N° Probetas	P - Valor
CP – 100%AF + 0%VRM	0.993	3	0.836
CE – 97%AF + 3%VRM	0.977	3	0.710
CE – 93%AF + 7%VRM	0.986	3	0.771
CE – 85%AF + 15%VRM	0.989	3	0.803

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### **Interpretación:**

Según la tabla 36, se observa que el P – Valor o Significancia de todos los grupos de concreto es mayor que el valor del nivel de significancia igual  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula Ho, y se afirma que los datos de resistencia a la compresión siguen una distribución normal.

### ✓ **Análisis de homogeneidad de varianzas**

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Las varianzas de los grupos no son diferentes.

**Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** Las varianzas de los grupos son diferentes.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Si,  $P - \text{Valor} < 0.05$ , se rechazara " $H_0$ ".

Si,  $P - \text{Valor} > 0.05$ , se aceptara " $H_0$ ".

**Tabla 37.** Análisis de homogeneidad de varianzas para datos  $f'c$  a los 14 días de curado

Descripción	Prueba	Estadístico de Levene	P - Valor
Resistencia a la compresión a los 14 días	Basado en la media	1.275	0.347

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### **Interpretación:**

Según la tabla 37, se observa que, el  $P - \text{Valor}$  es igual a 0.347, mayor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se acepta el " $H_0$ " y se afirma que, los datos de los grupos no son diferentes, por lo tanto, tienen homogeneidad de varianzas.

### ✓ **Prueba de hipótesis: ANOVA**

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** La resistencia media del concreto patrón no es significativo en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales.

**Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** La resistencia media del concreto patrón es significativo en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$  (5%)

Si,  $P - \text{Valor} < 0.05$ , se rechazara "Ho".

Si,  $P - \text{Valor} > 0.05$ , se aceptara "Ho".

**Tabla 38.** Prueba de hipótesis ANOVA para los datos de  $f'c$  a los 14 días de curado

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P - Valor
Entre grupos	24770.893	8256.964	231.871	0.000

Fuente: Elaboración Propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 38, se observa que, el  $P - \text{Valor}$  es igual a 0.000, menor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se rechaza "Ho" y se acepta "H1".

### ✓ Prueba de Tukey

**Tabla 39.** Comparaciones múltiples con la prueba de Tukey para datos de  $f'c$  a los 14 días de curado

Descripción	(I) % de vidrio molido	(J) % de vidrio molido	Diferencia de medias (I - J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Resistencia a la compresión a los 14 días		CE - 97%AF + 3%VRM	61.813	4.872	0.000	46.210	77.416
	CP - 100%AF + 0%VRM	CE - 93%AF + 7%VRM	113.947	4.872	0.000	98.344	129.550
		CE - 85%AF + 15%VRM	106.883	4.872	0.000	91.280	122.486
		CP - 100%AF + 0%VRM	-61.813	4.872	0.000	-77.416	-46.210
	CE - 97%AF + 3%VRM	CE - 93%AF + 7%VRM	52.133	4.872	0.000	36.530	67.736
		CE - 85%AF + 15%VRM	45.070	4.872	0.000	29.467	60.673
CE - 93%AF + 7%VRM	CP - 100%AF + 0%VRM	-113.947	4.872	0.000	-129.550	-98.344	

	CE – 97%AF + 3%VRM	-52.133	4.872	0.000	-67.736	-36.530
	CE – 85%AF + 15%VRM	-7.063	4.872	0.506	-22.666	8.540
	CP – 100%AF + 0%VRM	-106.883	4.872	0.000	-122.486	-91.280
<b>CE – 85%AF + 15%VRM</b>	CE – 97%AF + 3%VRM	-45.070	4.872	0.000	-60.673	-29.467
	CE – 93%AF + 7%VRM	7.063	4.872	0.506	-8.540	22.666

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 39, se observa que, el P – Valor del concreto patrón con 0% de vidrio reciclado molido en comparación de los concretos experimentales con 3%, 7% y 15% de vidrio reciclado molido, tienen un valor de 0.000, menor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se afirma que, los datos de resistencia a la compresión del concreto patrón en comparación a la resistencia del concreto experimental sustituyendo un 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, varía significativamente a los 14 días de curado.

### Prueba de hipótesis para 28 días de curado

**Tabla 40.** Cuadro ANOVA para datos de resistencia a la compresión a los 28 días de curado

Tiempo (días)	Numero	Dosificaciones de concreto			
		0% de vidrio reciclado molido	3% de vidrio reciclado molido	7% de vidrio reciclado molido	15% de vidrio reciclado molido
Resistencia a la compresión a los 28 días	1	315.65	273.54	202.98	210.81
	2	315.14	274.77	208.08	211.50
	3	316.24	271.48	209.24	215.69

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### ✓ **Análisis descriptivos**

**Tabla 41.** Análisis descriptivos para datos de  $f'c$  a los 28 días de curado

Dosificación de concreto	Media	Varianza	Desviación Estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
CP – 100%AF + 0%VRM	315.67	0.30	0.31	314.30	317.04	315.14	316.24
CE – 97%AF + 3%VRM	273.26	2.76	0.96	269.13	277.39	271.48	274.77
CE – 93%AF + 7%VRM	206.76	11.09	1.92	198.49	215.03	202.98	209.24
CE – 85%AF + 15%VRM	212.66	6.97	1.52	206.10	219.22	210.81	215.69

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### ✓ **Análisis de normalidad**

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula  $H_0$ :** Los valores de resistencia a la compresión siguen una distribución normal.

**Hipótesis Alterna  $H_1$ :** Los valores de resistencia a la compresión no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$  (5%)

Si,  $P - \text{Valor} < 0.05$ , se rechazara " $H_0$ "

Si,  $P - \text{Valor} > 0.05$ , se aceptara " $H_0$ "

**Tabla 42.** Análisis de normalidad por el método de Shapiro - Wilk para datos de  $f'c$  a los 28 días de curado

Descripción	Shapiro – Wilk		
	Estadístico	N° Probetas	P - Valor
CP – 100%AF + 0%VRM	0.998	3	0.920
CE – 97%AF + 3%VRM	0.979	3	0.724
CE – 93%AF + 7%VRM	0.883	3	0.334
CE – 85%AF + 15%VRM	0.854	3	0.250

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 42, se observa que, el P – Valor de todos los grupos de concreto es mayor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se acepta “Ho”.

#### ✓ Análisis de homogeneidad de varianzas

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula Ho:** Las varianzas de los grupos no son diferentes.

**Hipótesis Alterna H1:** Las varianzas de los grupos son diferentes.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Si, P – Valor < 0.05, se rechazara “Ho”.

Si, P – Valor > 0.05, se aceptara “Ho”.

**Tabla 43.** Análisis de homogeneidad de varianzas para datos de  $f'c$  a los 28 días de curado

Descripción	Prueba	Estadístico de Levene	P - Valor
Resistencia a la compresión a los 28 días	Basado en la media	3.399	0.074

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 43, se observa que, el P – Valor es igual a 0.074, mayor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se acepta “Ho”.

#### ✓ **Prueba de hipótesis: ANOVA**

Se plantea las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula (Ho):** La resistencia media del concreto patrón no es significativo en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales.

**Hipótesis alterna (H1):** La resistencia media del concreto patrón es significativo en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$  (5%)

Si P – Valor < 0.05, se rechazara “Ho”.

Si P – Valor > 0.05, se aceptara “Ho”.

**Tabla 44.** Prueba de hipótesis ANOVA para datos de resistencia a la compresión a los 28 días de curado

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P - Valor
Entre grupos	24299.934	8099.978	1533.257	0.000

Fuente: Elaboración Propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 44, se observa que, el P – Valor es igual a 0.000, menor que  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, se rechaza “Ho” y se acepta “H1”.

## ✓ Prueba de Tukey

**Tabla 45.** Comparaciones múltiples con la prueba de Tukey para datos de resistencia a la compresión a los 28 días de curado

Descripción	(I) % de vidrio molido	(J) % de vidrio molido	Diferencia de medias (I – J)	Error típico	P-Valor	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Resistencia a la compresión a los 28 días	<b>CP - 100%AF + 0%VRM</b>	CE – 97%AF + 3%VRM	42.413	1.877	0.000	36.404	48.423
		CE – 93%AF + 7%VRM	108.910	1.877	0.000	102.900	114.920
		CE – 85%AF + 15%VRM	103.010	1.877	0.000	97.000	109.020
	<b>CE - 97%AF + 3%VRM</b>	CP – 100%AF + 0%VRM	-42.413	1.877	0.000	-48.423	-36.404
		CE – 93%AF + 7%VRM	66.497	1.877	0.000	60.487	72.506
		CE – 85%AF + 15%VRM	60.597	1.877	0.000	54.587	66.606
	<b>CE – 93%AF + 7%VRM</b>	CP - 100%AF + 0%VRM	-108.910	1.877	0.000	-114.920	-102.900
		CE – 97%AF + 3%VRM	-66.497	1.877	0.000	-72.506	-60.487
		CE – 85%AF + 15%VRM	-5.900	1.877	0.054	-11.910	0.110
	<b>CE – 85%AF + 15%VRM</b>	CP - 100%AF + 0%VRM	-103.010	1.877	0.000	-109.020	-97.000
		CE – 97%AF + 3%VRM	-60.597	1.877	0.000	-66.606	-54.587
		CE – 93%AF + 7%VRM	5.900	1.877	0.054	-0.110	11.910

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

### Interpretación:

Según la tabla 45, se observa que, el P – Valor o significancia del concreto patrón con 0% de vidrio reciclado molido en comparación de los concretos experimentales con 3%, 7% y 15% de vidrio reciclado molido, tiene un valor de 0.000, menor que  $\alpha$

= 0.05, por lo tanto, se afirma que, los datos de resistencia a la compresión del concreto patrón respecto a la resistencia del concreto experimental sustituyendo un 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, varía significativamente a los 28 días de curado.

## V. DISCUSIÓN

La relación a/c, se determinó en el diseño de mezcla según el método del ACI 211, para cada dosificación de concreto. según la figura 4, la relación a/c, para el concreto patrón con 100%AF + 0%VRM es 0.512, mientras que, para los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM es de 0.513 ( $\Delta=0.19\%$ ), 0.515 ( $\Delta=0.58\%$ ) y 0.519 ( $\Delta=1.35\%$ ). Estos resultados indican que, a mayor % de VRM (vidrio reciclado molido), la relación a/c se incrementa, tal como indica la figura 5. Esta variación de relación a/c se debe al incremento del agua efectiva requerido por el concreto, ya que los ensayos de laboratorio, muestran que el contenido de humedad del agregado fino es mayor que su porcentaje de absorción, por lo tanto, esta aporta agua al concreto. Al reemplazar el agregado fino por VRM con un contenido de humedad y porcentaje de absorción igual a cero (por condición), la cantidad reemplazada de agregado fino deja de aportar agua al concreto, por lo que el agua efectiva requerida por el concreto se incrementa para mantener la relación a/c teórico. Según los antecedentes considerados en la tesis, ningún autor hace referencia y/o concluye sobre la relación a/c por lo que no se puede hacer un comparativo de los resultados obtenidos.

Según el análisis de regresión lineal, se obtuvo un "R" de Pearson igual 0.998, lo cual indica que existe una correlación positiva muy alta entre las variables analizadas (%VRM y Relación a/c), por lo tanto, se afirma que, la relación a/c varía proporcionalmente a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido que se añade al concreto, aceptando la hipótesis específica N° 01 planteada para el presente estudio.

Las limitaciones que se tuvo para determinar con mayor precisión los valores de relación a/c corregido para los concretos evaluados fue que no se pudo determinar el valor de CH (contenido humedad) y porcentaje de absorción, para el vidrio reciclado molido.

El asentamiento del concreto se determinó tomando en cuenta el procedimiento especificado en la Norma Técnica Peruana 339.035, para cada dosificación de concreto. Los valores que se determinó para el asentamiento, según la figura 6, es de 3 ½" para el concreto patrón con 100%AF + 0%VRM y 4 1/2" ( $\Delta=22.22\%$ ), 5 ½" ( $\Delta=36.36\%$ ), 7" ( $\Delta=50.00\%$ ), para los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM. Según la tabla 4, el concreto patrón y el concreto experimental con 97%AF + 3%VRM tienen una consistencia plástica y trabajable, mientras que los concretos experimentales con 93%AF + 7%VRM y 85%AF + 15%VRM, una consistencia fluida y muy trabajable. Asimismo, según la figura 7, el asentamiento del concreto se incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de vidrio reciclado molido en reemplazo del agregado fino. Estos resultados no concuerdan con lo indicado por Ochoa (2018), quien afirma que, el asentamiento del concreto disminuye a medida que se incrementa la cantidad de vidrio molido.

Se sospecha que, el incremento del asentamiento de concreto se debe a la variación de la relación a/c y a la textura superficial de las partículas que conforman el VRM, ya que, en comparación al agregado fino estas tienen una superficie más lisa. Según Chan, Solís y Moreno (2003), la trabajabilidad o asentamiento del concreto se ve afectada por la textura superficial de los agregados. Del mismo modo, Ramírez y Patricia León (2010) indican que, las partículas con índices de alargamiento iguales a 0% (esféricas o cúbicas) incrementan el asentamiento del concreto en un 32% en comparación del concreto elaborado con agregados convencionales.

Según el análisis de regresión lineal, se obtuvo un "R" de Pearson igual a 0.99, lo cual indica que, existe una correlación positiva muy alta entre las variables analizadas (%VRM y asentamiento del concreto), por lo tanto, se afirma que, el asentamiento del concreto varía proporcionalmente a cantidad porcentual de vidrio reciclado molido que se añade al concreto, aceptando la hipótesis específica N° 02 planteada para el presente estudio.

La limitación que se tuvo fue, la parte económica y el tiempo, por lo que, se realizó solamente un ensayo de asentamiento por cada dosificación de concreto, con lo cual no se pudo demostrar estadísticamente si la variación del asentamiento de los concretos experimentales respecto al concreto patrón son significativas.

Según la figura 8 y 11, a los 7 días de curado, la resistencia a la compresión ( $f_c$ ) del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM fue de 226.38 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que, la resistencia a la compresión ( $f_c$ ) de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM, 85%AF + 15%VRM, fue de 160.98 kg/cm<sup>2</sup>, 144.83 kg/cm<sup>2</sup> y 143.07 kg/cm<sup>2</sup>, menores a la resistencia del concreto patrón en, 65.40 kg/cm<sup>2</sup> (<28.88%), 81.55 kg/cm<sup>2</sup> (<36.02%) y 83.31 kg/cm<sup>2</sup> (<36.80%).

Para un tiempo de curado de 14 días, según la figura 9 y 11, la  $f_c$  del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM fue de 274.88 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que, la resistencia  $f_c$  de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM, 85%AF + 15%VRM, fue de 213.06 kg/cm<sup>2</sup>, 160.93 kg/cm<sup>2</sup> y 167.99 kg/cm<sup>2</sup>, menores a la resistencia del concreto patrón en, 61.28 (<22.49%), 113.95 (<41.45%) y 106.89 (<38.88%).

Asimismo, según la figura 10 y 11, a los 28 de curado, la resistencia  $f_c$  del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM fue de 315.68 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que, la resistencia  $f_c$  de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM, 85%AF + 15%VRM, fue de 273.26 kg/cm<sup>2</sup>, 206.77 kg/cm<sup>2</sup> y 212.67 kg/cm<sup>2</sup>, menores a la resistencia del concreto patrón en, 42.42 kg/cm<sup>2</sup> (<13.44%), 108.91 kg/cm<sup>2</sup> (<34.50%) y 103.01 kg/cm<sup>2</sup> (<32.63%).

Los resultados obtenidos para la resistencia a la compresión del concreto patrón (100%AF + 0%VRM) y los concretos experimentales (97%AF + 3%VRM, 93%AF + 7%VRM, 85%AF + 15%VRM), guardan relación con los resultados encontrados por García (2020), en su tesis titulado, Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en comparación del concreto convencional, Tarapoto – 2020, donde reemplaza el cemento por vidrio molido en proporciones de 5%, 10% y 15%, encontrando que, a los 7 días, la resistencia del concreto patrón supera a la

resistencia de los concretos experimentales con 10% y 15% de vidrio molido en 30.91 y 59.60 kg/cm<sup>2</sup>, solamente la resistencia del concreto experimental con 5% de vidrio supero en 6.26 kg/cm<sup>2</sup> a la resistencia del concreto patrón. Asimismo, la resistencia del concreto patrón supera a la resistencia de los concretos experimentales en 19.79, 53.49 y 63.61 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y en 7.48, 58.14 y 69.52 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Se sospecha que, la diferencia de resistencias entre el concreto patrón y los concretos experimentales, se debe a la textura superficial lisa de las partículas que conforman el vidrio reciclado molido, también a la variación de la relación a/c para cada dosificación de concreto. Según Neville (1999) la textura superficial de las partículas afecta la adherencia de la pasta de cemento, la demanda de agua para el concreto e influye en la resistencia a la compresión y flexión del concreto, esto mayormente en el caso del agregado fino. Del mismo modo, Kaplan (1959) afirma que, la adherencia de las partículas tiene que ver con la textura de los agregados, cuanto es mayor la rugosidad de las partículas genera mayor resistencia. Asimismo, según la figura 1, la resistencia a la compresión del concreto disminuye al incrementar la relación a/c.

Se realizó la prueba de hipótesis ANOVA, verificando previamente la normalidad y consistencia de los valores de  $f'c$ , con el método de Shapiro Wilk y el estadístico de Levene para los 7, 14 y 28 días. Para ello se planteó las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** La resistencia media del concreto patrón no es significativo en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales sustituyendo un 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido.

**Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** La resistencia media del concreto patrón es significativo en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales sustituyendo un 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido.

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$  (5%)

Si,  $P - \text{Valor} < 0.05$ , se rechazara " $H_0$ ".

Si,  $P - \text{Valor} > 0.05$ , se aceptara "Ho".

Para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días, según la tabla 32, 38 y 44, se obtuvo un  $P - \text{Valor}$  igual a 0.000, menor que  $\alpha = 0.05$ , por lo que se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ), aceptando la hipótesis alterna ( $H_1$ ), lo cual indica que, existe diferencia significativa entre las medias de resistencia a la compresión del concreto patrón en comparación a la resistencia de los concretos experimentales.

Tomando en cuenta los resultados de la prueba de hipótesis ANOVA y los valores de resistencia a la compresión (tabla fig. 11) para cada dosificación de concreto, se rechaza la hipótesis general planteada para el presente estudio.

Para la aceptación del concreto, el comité ACI 318, menciona lo siguiente: El concreto será aceptada cuando el promedio aritmético consecutivo de tres ensayos es igual o superior a la resistencia de diseño  $f'_c$ . Asimismo, ningún ensayo de resistencia será menor que la resistencia de diseño  $f'_c$  por más de 35 kg/cm<sup>2</sup> para concretos con  $f'_c$  de 350 kg/cm<sup>2</sup> o menor.

Según la figura 14, y la tabla 11, la resistencia a la compresión del concreto patrón con 100%AF + 0%VRM y de los concretos experimentales con 97%AF + 3%VRM y 85%AF + 15%VRM, son mayores que la resistencia mínima  $f'_c = 175$  kg/cm<sup>2</sup> ( $f'_c - 35$  kg/cm<sup>2</sup>), exigidos por el comité ACI 318. Por lo tanto, se afirma que, el vidrio reciclado molido se puede utilizar como sustituto del agregado fino en proporciones de 3% y 15%, para la elaboración del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, ya que, sus resistencias a la compresión resultan ser mayor que  $f'_c$  y la resistencia mínima 175 kg/cm<sup>2</sup> ( $f'_c - 35$ ).

## VI. CONCLUSIONES

**Respondiendo el objetivo general**, se concluye que, el vidrio reciclado molido no incrementa la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, ya que, a los 28 días de curado, la resistencia del concreto patrón fue superior en 13.44%, 34.50% y 32.63%, a la resistencia de los concretos experimentales, elaborados con 3%, 7% y 15% de vidrio reciclado molido en reemplazo del agregado fino. No obstante, el vidrio reciclado molido se puede emplear, para la elaboración del concreto en proporciones de 3% y 15%, ya que, sus resistencias a los 28 días, superan la resistencia de diseño  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y a la resistencia mínima igual a 175 kg/cm<sup>2</sup>, exigidos por el comité ACI 318, para la aceptación del concreto.

**Respondiendo el objetivo específico 1**, se concluye que, la relación a/c de los concretos experimentales con 3%, 7% y 15% de vidrio reciclado molido se incrementan en 0.19%, 0.58% y 1.35%, en comparación a la relación a/c del concreto patrón. Asimismo, la relación a/c del concreto varía proporcionalmente ( $R=0.998$ ) a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

**Respondiendo el objetivo específico 2**, se concluye que, el asentamiento de los concretos experimentales con 3%, 7% y 15% de vidrio reciclado molido se incrementan en 22.22%, 36.36% y 50.00% en comparación al asentamiento del concreto patrón. Asimismo, el asentamiento del concreto, varía proporcionalmente ( $R=0.99$ ) a cantidad porcentual de vidrio reciclado molido.

El concreto patrón y el concreto con 3% de vidrio reciclado molido mantienen una consistencia plástica y trabajable mientras que los concretos con 7% y 15% de vidrio reciclado molido adquieren una consistencia fluida y muy trabajable.

**Respondiendo el objetivo específico 3**, se concluye que, la resistencia a la compresión de los concretos experimentales con 3%, 7% y 15% de vidrio reciclado molido, fueron menores en comparación a la resistencia del concreto patrón en 28.88%, 36.02% y 36.80% a los 7 días; en 22.49%, 41.45% y 38.88% a los 14 días; en 13.44%, 34.50% y 32.63% a los 28 días de curado. Asimismo, existe diferencias significativas ( $P$  valor = 0.000) entre la resistencia del concreto patrón y la resistencia de los concretos experimentales. Por otro lado, la resistencia a la

compresión de los concretos experimentales con 3% y 15% de vidrio reciclado molido igual 273.26 kg/cm<sup>2</sup> y 212.67 kg/cm<sup>2</sup>, fueron mayores que la resistencia de diseño  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y a la resistencia mínima igual a 175 kg/cm<sup>2</sup>, requeridos para la aceptación del concreto.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda elaborar un método para obtener el porcentaje de absorción y contenido de humedad para el agregado reciclado molido, con la finalidad de determinar con mayor precisión la relación a/c corregido para los concretos.
2. Se recomienda realizar mínimo dos ensayos de asentamiento para cada dosificación de concreto, para demostrar estadísticamente si las variaciones entre estas son significativas.
3. Se recomienda realizar los ensayos texturales del agregado fino y del vidrio reciclado molido, para verificar si influyen significativamente en la resistencia a la compresión del concreto.
4. Se recomienda realizar el curado de las probetas de concreto, controlando la temperatura del agua y la humedad del ambiente.
5. Se recomienda realizar los ensayos de peso unitario para el concreto patrón y los concretos experimentales para verificar en qué medida el reciclado molido influye en su densidad del concreto.
6. Se recomienda ampliar las investigaciones del concreto elaborado con vidrio reciclado molido y observar el comportamiento de su resistencia a la compresión bajo los efectos climatológicos.

## REFERENCIAS

- ABANTO, Flavio. Tecnología del concreto. 2.<sup>a</sup> ed. Editorial: San Marcos E.I.R.L., 2009. 242 pp. ISBN: 9786123020606
- ALONSO, Lizeth y PUERTO, Jonathan. Desempeño de un concreto hidráulico adicionado con vidrio molido reciclado y EAFS. Tesis (Título de ingeniero de transporte y vías). Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2018. 111 pp.
- ALVAREZ, Adriana y RAVELO, Alicia. Sobreexplotación de arenas y gravas afecta la disponibilidad del agua. La Jornada ECOLOGICA. [en línea]. Diciembre 2018. [Fecha de consulta: 08 de julio 2022]. Disponible en: <https://ecologica.jornada.com.mx/2018/12/02/sobreexplotacion-de-arenas-y-gravas-afecta-la-disponibilidad-de-agua-284.html>
- AMERICAN concrete institute. ACI 318-05: Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario. 2005. 490 pp.
- AMSTOCK, Joseph. Manual del vidrio en la construcción. 1.<sup>a</sup> ed. Editorial: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A., 1999. 584 pp. ISBN: 9701022637
- ARTHUR, Nilson. Diseño de estructuras de concreto. 12.<sup>a</sup> ed. Editorial: McGRAW-HILL., 2001. 722 pp. ISBN: 958600953X
- ASKELAND, Donald, FULAY, Pradeep, WRIGHT, Wendelin. Ciencia e ingeniería de materiales. 6.<sup>a</sup> ed. Editorial: Cengage Learning Editores, S.A., 2012. 921 pp. ISBN: 9786074816204
- ASOCIACION COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE COCNETO. Tecnología de concreto, Tomo1. Colombia: Autores. 2010. 228 pp. ISBN: 9789588564036
- BEDOYA, Carlos y DZUL Luis. El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. Revista Ingeniería y Construcción RIC [En línea]. Junio-Julio 2015, n° 3. [Fecha de consulta: 20 de junio 2020]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732015000200002&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732015000200002&script=sci_abstract) ISSN: 0718-5073
- BETANCOURT, Sergio. Materiales para la construcción. Editorial: Feijóo, 2017. 332 pp. ISBN: 9789593123570

- BRACAMONTE, Alex, VERTEL, Melba, y CEPEDA, Jesús. Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos de la formación geológica Toluviejo (Sucre) para producción de concreto. *Scientia Et Technica*, 18 (2): 429-436, agosto 2013. ISSN: 0122-1701
- CANO, Juan y CRUZ, Carlos. Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón. Tesis (Título de ingeniero civil). Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira, 2017. 75 pp.
- CHAN, José, SOLÍS, Romel y MORENO, Erick. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*, 7 (2): 39 – 46, mayo-agosto 2003. ISSN: 1665-529X
- CHAN, José, SOLIS, Romel, y MORENO, Erick. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Revista académica Ingeniería*, 7 (2): 39-46, mayo-agosto 2003. ISSN: 1665-529X
- CODINA, Rodríguez, Rita. Resistencia a la compresión de un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado fino sustituido en 5% y 10% por vidrio molido reciclado, Huaraz 2018. Tesis (Título de ingeniera civil). Huaraz: Universidad San Pedro, 2018. 67 pp.
- ESCOBAR, Jairo. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Serie 50. Recursos naturales e infraestructura, 2002. CEPAL. 68 pp. ISBN: 9213220901
- FERNANDEZ, A., MORALES, J. y SOTO, F. Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días. *Revista Ingeniería UC*, 23 (2): 197-203, agosto 2016. ISSN: 1316-6832
- GARCIA Ruiz, Manuel. influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en comparación del concreto convencional, Tarapoto - 2020. Tesis (Título de ingeniera civil). Tarapoto: Universidad Científica del Perú, 2020. 67 pp.
- GOMEZ, María y VIDAL, Sergio. Influencia de la resistencia a compresión de hormigones por efecto de la temperatura ambiente. *Revista de la construcción*, 5 (1): 56-61, 2006. ISSN: 0717-7925

- GREENFACTS, Hechos sobre la salud y medio ambiente (2015). Extracción de arena, Un recurso no renovable. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2022]. Disponible en <https://www.greenfacts.org/es/extraccion-arena/index.htm#1>
- HARMSSEN, Teodoro. Diseño de estructuras de concreto armado. 3.<sup>a</sup> Ed. Fondo Editorial: Pontificie Universidad Católica del Perú, 2022. 683 pp. ISBN: 997242184-8
- LIZARAZO, Juan, SALAS, Andrés y ESCOBAR, Diego. Efectos del curado en las propiedades de mezclas de concreto con altos contenidos de escoria de hierro [En línea]. diciembre 2016, 27 (6). [Fecha de consulta: 24 de junio 2022]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642016000600017&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642016000600017&script=sci_abstract) ISSN: 0718-0764
- MARTINEZ, Lisandra y TORRES, Magali. Límites de conformidad de finos pasados por el tamiz 200. Influencia reológico- mecánica en la matriz del hormigón. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 7 (3): 1-79, 2013. ISSN: 1990-8830
- MÉTODO para cuantificar la segregación en hormigones autocompactantes por Benito, F. [et al]. México: *Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.*, 6 (2): 48-63, enero-junio 2015. ISSN: 2007-3011
- MORALES Ortega, Laura. El vidrio en la edificación. propiedades, aplicaciones y estudios de fracturas en casos reales. Tesis (Título de arquitectura técnica en edificación). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2017. 172 pp.
- NAVARRO, María y FRETTEL, Nils. Acciones de protección y prevención de los recursos hídricos y sus bienes asociados en la cuenca hídrica del alto Huallaga. Agua y Mas, *Revista de Autoridad Nacional del Agua*. Diciembre 2015, n° 4. [Fecha de consulta: 20 de junio 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2426>
- NEVILLE, Adam. Tecnología del concreto. 1.<sup>a</sup> ed. Editorial: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C., 1999. 608 pp. ISBN: 9684640927
- O'REILLY, Viterbo, BANCROFFT, Rubén, y RUIZ, Lourdes. Las tecnologías del concreto en su ciclo de vida. *Concreto y cemento*. Investigación y desarrollo, 1 (2): 42-47, enero-junio 2010. ISSN: 2007-3011

- OBTENCIÓN y caracterización óptica y estructural de vidrios de cenizas del volcán Parícutín por Zayas, Ma. [et al]. México: *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales A.C.*, 8: 76-79, 1999. ISSN: 1665-3521
- OCHOA Tapia, Luis. Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos. Tesis (Título de ingeniero civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2018. 136 pp.
- ORTEGA, Juan. Diseño de estructuras de concreto armado. 1.<sup>a</sup> Ed. Fondo Editorial: Empresa editora MACRO E.I.R.L. Tomo I, 2014. 238 pp. ISBN: 978612-042172
- PALACIO, Oscar, CHÁVEZ, Álvaro, y VELÁSQUEZ, Yessica. Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados. *Tecnura*, 21 (53): 96-106, Julio 2017. ISSN: 0123-921X
- PROHÍBEN extracción de materiales agregados de tres ríos [en línea]. Correo. 25 de enero 2016. [Fecha de consulta: 08 de julio 2022]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/peru/prohiben-extraccion-de-materiales-agregados-de-tres-rios-649020/?ref=dcr>
- RAMIREZ, Fernando y PATRICIA LEÓN, María. Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista Ingeniería y Construcción RIC* [En línea]. Agosto 2010, 25 (2). [Fecha de consulta: 24 de junio 2022]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732010000200003](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003) ISSN: 0718-5073
- RAYMUNDO, Richard. Mantensor de la trabajabilidad del concreto bombeado adicionado con sacarosa. *Revista Prospectiva Universitaria*, 18 (1): 35-44, 2021. ISSN: 1990-7044
- RAYMUNDO, Richard. Piedras, vidrios y cristales. Elementos: *Revista Ciencia y cultura*, 9 (047): 58-60, 2022. ISSN: 0187-9073
- RIO Santa prohibida extracción de agregados [en línea]. Huaraz noticias.com. 20 de enero 2019. [Fecha de consulta: 08 de julio 2022]. Disponible en: <https://huaraznoticias.com/rio-santa-prohibido-extraccion-de-agregados/>
- RIVVA, Enrique. Diseño de mezclas. Fondo Editorial: OZLO S.CR.L., 1992. 290 pp.

- RODRIGO, R, MORENO, I, y ARJONA, E. Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción Investigaciones marinas*, 2 (1): 21-29, enero - abril 2012. ISSN: 2007-6835
- SALAMANCA, Rodrigo. Aplicación del cemento portland y los cementos adicionados. *Revista ciencia e ingeniería neogranadina*, 10. 33-38, 2001. ISSN: 0124-8170
- SANCHEZ, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5.<sup>a</sup> Ed. Fondo Editorial: Bhandar Editores LTDA, 2001. 349 pp. ISBN: 9589247040
- SOLIS, R., MORENO, E. y ARJONA, E. Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. *Revista de la asociación latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 2 (1): 21-29, abril 2012. ISSN: 2007-6
- SOLIS, Rómel y MORENO, Eric. Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo. *Revista académica ingeniería*, 9 (3): 5-17, 2005. ISSN: 1665-529X
- TAMAYO Ochoa, Daynier. El vidrio triturado como alternativa en la producción de materiales de construcción. Tesis (Título de ingeniero civil). Holguín: Universidad de Holguín, 2020. 52 pp.
- TOIRAC, José. Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la república dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Revista Ciencia y Sociedad*, 37 (3). 293-334, 2012. ISSN: 0378-7680
- TOIRAC, José. Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención. *Ciencia y Sociedad*, 29 (1). 72-114, 2004. ISSN: 0378-7680
- TORRADO, Luz y SERRANO, María. Propiedades mecánicas de los agregados ante variaciones climáticas: Reporte de caso en Bucaramanga. *Revista Prospectiva*, 11 (1). 30-39, 2013. ISSN: 1692-8261
- TREZZA, Monoica y RAHHAL, Viviana. Comportamiento del residuo de vidrio molido en cementos mezcla: Estudio comparativo con microsilice [En línea]. Marzo 2018, 23 (1). [Fecha de consulta: 24 de junio 2022]. Disponible en:

[http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-70762018000100430&lng=en&nrm=iso](http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762018000100430&lng=en&nrm=iso) ISSN: 1517-7076

VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista educación*, 33 (1): 155-165, 209. ISSN: 0379-7082

VELÁZQUEZ, Ángel y REY, Metodología de la investigación científica. 1.<sup>a</sup> Ed. Fondo Editorial: San Marcos, 2007. 311 pp. ISBN: 978-9972-38-304-5

VELEZ, Ligia. Permeabilidad y Porosidad en Concreto. *Revista Tecnológicas*, 1 (25): 169-187, 2010. ISSN: 0123-7799

WALHOFF Tello, Guerson. Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional, barranca-2016. Tesis (Título de ingeniero civil). Huaraz: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", 2017. 90 pp.

## **ANEXOS**

### ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Vidrio reciclado molido	Betancourt (2017, p. 229), el vidrio es una mezcla isomorfa de varios silicatos (sodio, potasio, calcio, plomo, etc.), que se logra fusionando la mezcla de materias primas, que, al enfriar y solidificar adquiere una estructura amorfa.	Se evaluará sus propiedades físicas y los efectos que presenta en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , al sustituir un porcentaje de agregado fino.	Propiedades físicas	Granulometría	M.F.
				Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>
			Dosificación de vidrio reciclado molido	Dosificación en porcentajes de sustitución de 0%, 3%, 7% y 15%	cm <sup>3</sup> y kg
Resistencia a la compresión	Según Abanto (2009), Es la carga máxima por unidad de área que puede soportar una muestra de concreto antes de fallar por compresión, sea por agrietamiento o rotura.	Se determinará tanto para el concreto patrón y concreto experimental, la relación agua/cemento, el asentamiento y la resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días de curado.	Dosificación del concreto	Relación agua/cemento	Proporción
				Asentamiento	cm
				Muestra control Agregado fino al 100%	Razón
			Resistencia a la compresión	Rotura de concreto a los 7, 14 y 28 días de curado	Kg/cm <sup>2</sup>

## ANEXO 2: Matriz de consistencia

TITULO: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022)							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<b>Problema general</b> ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022?	<b>Objetivo general</b> Determinar cuál es la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.	<b>Hipótesis general</b> Se incrementa positivamente la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.	Cuantitativa 01	Vidrio reciclado molido	Propiedades físicas	Granulometría	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de investigación aplicada.</li> <li>- Diseño de la investigación experimental.</li> <li>- Enfoque de la investigación cuantitativa.</li> <li>- Población compuesta por 36 testigos. 9 testigos con concreto patrón y 27 testigos con concreto experimental.</li> <li>- Tiempo de curado: 7, 14 y 28 días.</li> <li>- Muestreo no probabilístico</li> <li>- Muestra: Testigos</li> </ul>
<b>Problema específico</b> ¿Cuál es la relación a/c, para la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino	<b>Objetivo específico</b> Determinar cuál es la relación a/c, para la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino	<b>Hipótesis específico</b> La relación a/c varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido, para la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino				Peso específico	

con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022?	con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022	fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnica de observación directa.</li> <li>- Fichas de observación.</li> </ul>
¿Cuál es el asentamiento, para la resistencia a la compresión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022?	Determinar cuál es el asentamiento, para la resistencia a la compresión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022	El asentamiento del concreto varía proporcionalmente respecto a la cantidad porcentual de vidrio reciclado molido., para la resistencia a la compresión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.	Cuantitativa 02	Resistencia a la compresión	Propiedades en estado fresco	Asentamiento	
¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo un 0%, 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022?	Determinar cuál es la resistencia a la compresión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo un 0%, 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.	La resistencia media del concreto patrón es significativa en comparación a la resistencia media de los concretos experimentales, para el concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo un 0%, 3%, 7% y 15% de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.			Propiedades en estado endurecido	Resistencia a la compresión	

## **ANEXO 3: Resultados de la investigación**

### **Granulometría de los agregados**

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

**TESIS** : Resistencia a la compresion del concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022

**UBICACIÓN** : HUARAZ

**CANTERA** : TACLLAN      **SOLICITA** : BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDRICO

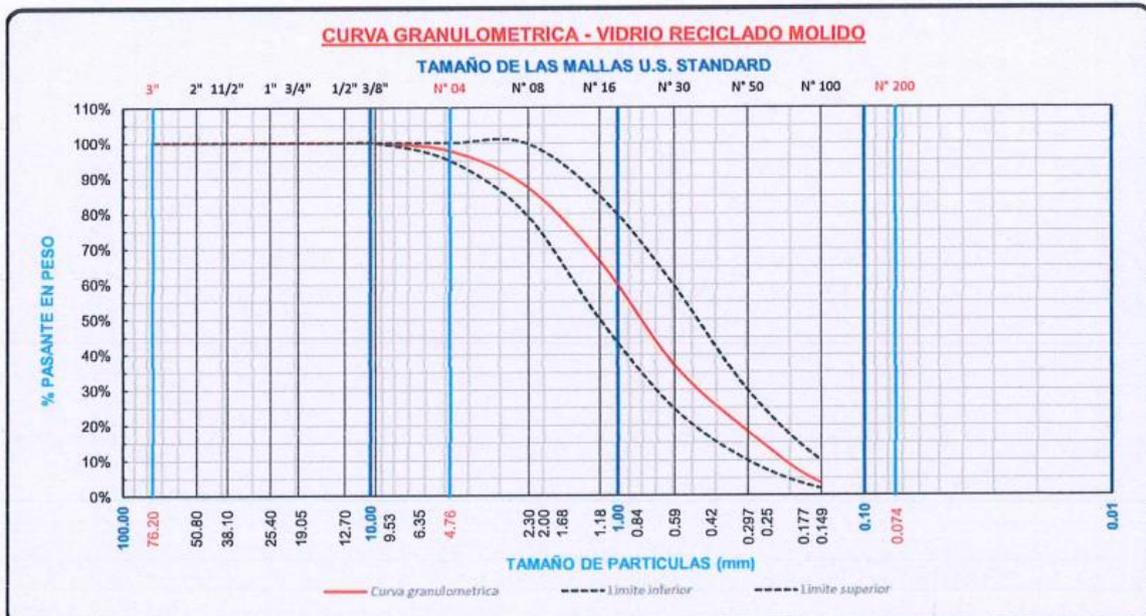
**FECHA** : 01 de agosto 2022      **RESPONSABLE** : ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE VIDRIO RECICLADO MOLIDO (ASTM D 422 NTP 400.012)

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITE (%)		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
						INFERIOR	SUPERIOR	
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de la tara = 195.20 gr
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de la tara + VRM = 4195.20 gr
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso VRM seco = 4000.00 gr
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de la tara + VRM seco lavado = 4195.20 gr
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de VRM seco lavado = 4000.00 gr
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso perdido por lavado = 0.00 gr
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
N° 04	4.75	86.40	2.16	2.16	97.84	95.00	100.00	
N° 08	2.36	394.40	9.86	12.02	87.98	80.00	100.00	
N° 16	1.18	853.60	21.34	33.36	66.64	50.00	85.00	
N° 30	0.60	1165.20	29.13	62.49	37.51	25.00	60.00	
N° 50	0.30	765.60	19.14	81.63	18.37	10.00	30.00	
N° 100	0.15	588.40	14.71	96.34	3.66	2.00	10.00	
N° 200	0.08	112.80	2.82	99.16	0.84	0.00	0.00	
PLATO	0.00	33.60	0.84	100.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL		4000.00	100.00					

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenidos acumulados } (3'' + 1 \frac{1}{2}'' + \frac{3}{4}'' + \frac{3}{8}'' + N^{\circ} 4 + N^{\circ} 16 + N^{\circ} 30 + N^{\circ} 50 + N^{\circ} 100)}{100\%} = 2.9$$

Tamaño máximo nominal = N° 08



**OBSERVACIONES:**

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLLAN	SOLICITA	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDRICO
FECHA	01 de agosto 2022	RESPONSABLE	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

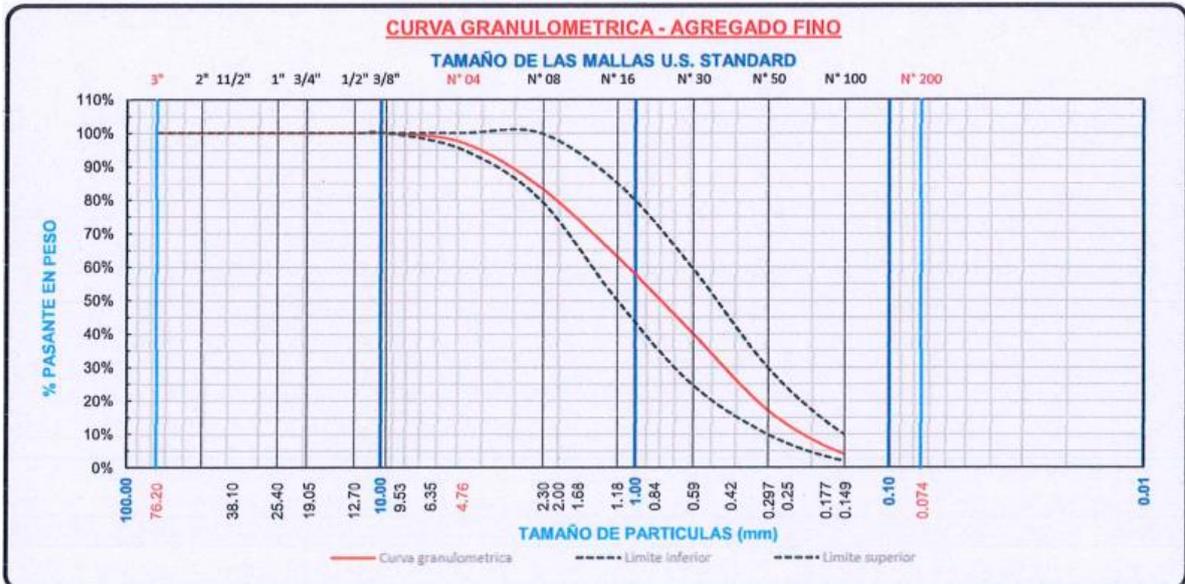
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO FINO

(ASTM D 422 NTP 400.012)

N°	TAMIZ ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITE (%)		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
						INFERIOR	SUPERIOR	
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de la tara = 195.00 gr
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de la tara + Suelo seco = 5140.20 gr
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso suelo seco = 4945.20 gr
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de la tara + Suelo seco lavado = 4726.90 gr
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de suelo seco lavado = 4531.90 gr
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso perdido por lavado = 413.30 gr
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
N° 04	4.75	128.30	2.83	2.83	97.17	95.00	100.00	
N° 08	2.36	604.50	13.34	16.17	83.83	80.00	100.00	
N° 16	1.18	936.70	20.67	36.84	63.16	50.00	85.00	
N° 30	0.60	1027.60	22.67	59.51	40.49	25.00	60.00	
N° 50	0.30	1049.90	23.17	82.68	17.32	10.00	30.00	
N° 100	0.15	598.30	13.20	95.88	4.12	2.00	10.00	
N° 200	0.08	168.70	3.72	99.61	0.39	0.00	0.00	
PLATO	0.00	17.90	0.39	100.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL		4531.90	100.00					

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenidos acumulados } (3" + 1\frac{1}{2}" + \frac{3}{4}" + \frac{3}{8}" + N^{\circ} 4 + N^{\circ} 8 + N^{\circ} 16 + N^{\circ} 30 + N^{\circ} 50 + N^{\circ} 100)}{100\%} = 2.9$$

$$\text{Tamaño máximo nominal} = N^{\circ} 4$$



**OBSERVACIONES:**

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico

[canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA E.I.R.L.  
RUC: 2060209260

LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLAN	SOLICITA	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO
FECHA	01 de agosto 2022	RESPONSABLE	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

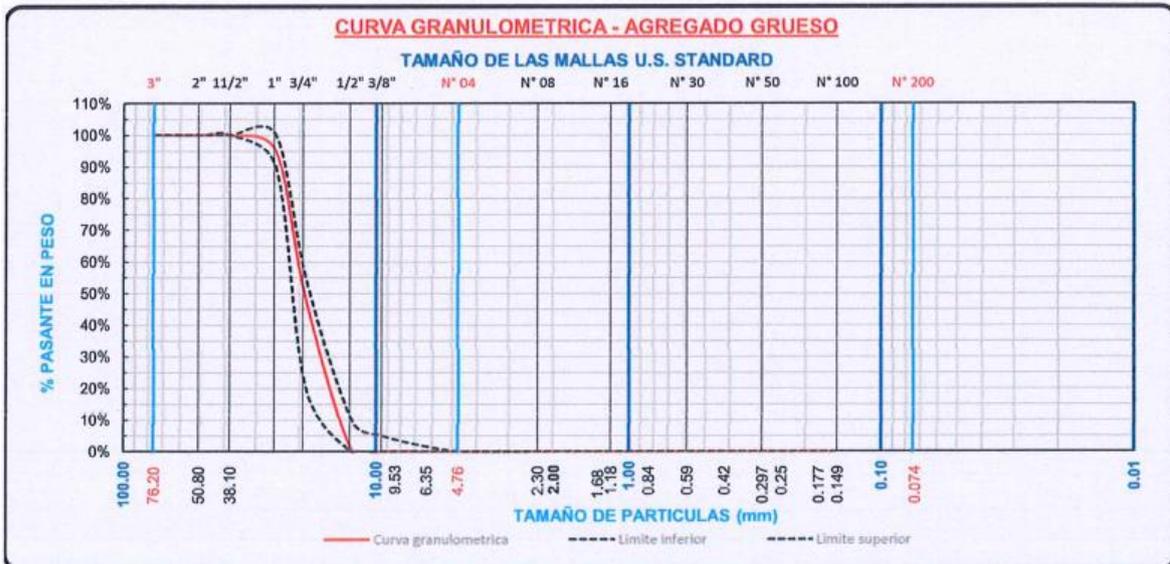
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO

(ASTM D 422 NTP 400.012)

TAMIZ	N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITE (%)		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
							INFERIOR	SUPERIOR	
	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de la tara = 185.50 gr
	2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso de la tara + suelo seco = 4938.90 gr
	1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	Peso suelo seco = 4753.40 gr
	1"	25.00	237.50	5.05	5.05	94.95	90.00	100.00	Peso de la tara + suelo seco lavado = 4892.10 gr
	3/4"	19.00	2197.70	46.89	51.74	48.26	20.00	55.00	Peso de suelo seco lavado = 4706.60 gr
	1/2"	12.50	2247.10	47.74	99.48	0.52	0.00	10.00	Peso perdido por lavado = 46.80 gr
	3/8"	9.50	17.30	0.37	99.85	0.15	0.00	5.00	
	N° 04	4.75	6.50	0.14	99.99	0.01	0.00	0.00	
	N° 08	2.36	0.00	0.00	99.99	0.01	0.00	0.00	
	N° 16	1.18	0.00	0.00	99.99	0.01	0.00	0.00	
	N° 30	0.60	0.00	0.00	99.99	0.01	0.00	0.00	
	N° 60	0.30	0.00	0.00	99.99	0.01	0.00	0.00	
	N° 100	0.15	0.30	0.01	100.00	0.00	0.00	0.00	
	N° 200	0.08	0.20	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
	PLATO	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
	TOTAL		4706.60	100.00					

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenidos acumulados } (3" + 1\frac{1}{2}" + \frac{3}{4}" + \frac{3}{8}" + N^{\circ} 4 + N^{\circ} 8 + N^{\circ} 16 + N^{\circ} 30 + N^{\circ} 50 + N^{\circ} 100)}{100\%} = 7.52$$

Tamaño máximo nominal = 1" Huso: 5



OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 - Huaraz / Teléfono (043)231231 - Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE

## **Contenido de humedad de los agregados**



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLLAN	SOLICITA	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDRICO
FECHA	01 de agosto 2022	RESPONSABLE	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

## CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D 2216 NTP 339.185)

### AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	UND	N° RECIPIENTE		
		B - 04	T - 02	B - 06
A Masa de tarro + suelo húmedo	gr	487.50	525.70	339.60
B Masa de tarro + suelo seco	gr	486.30	522.03	336.50
C = A - B Masa de agua	gr	1.20	3.67	3.10
D Masa de tarro	gr	52.10	51.00	52.10
E = A - D Masa de suelo seco	gr	434.20	471.03	284.40
F = (C/E)x100 Contenido de humedad	%	0.28	0.78	1.09
Contenido de humedad promedio		%	0.72	

### AGREGADO FINO

DESCRIPCION	UND	N° RECIPIENTE		
		B - 01	B - 02	T - 03
A Masa de tarro + suelo húmedo	gr	457.50	473.90	433.20
B Masa de tarro + suelo seco	gr	446.70	461.10	422.40
C = A - B Masa de agua	gr	10.80	12.80	10.80
D Masa de tarro	gr	58.70	83.30	58.70
E = A - D Masa de suelo seco	gr	388.00	377.80	363.70
F = (C/E)x100 Contenido de humedad	%	2.78	3.39	2.97
Contenido de humedad promedio		%	3.05	

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIF: 76282  
TITULAR GERENTE

## **Peso específico y absorción de los agregados**



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLAN	SOLICITA	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDARICO
FECHA	01 de agosto 2022	RESPONSABLE	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### PESOS ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADOS (ASTM C-127 NTP 400.012)

#### AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	UND	N° ENSAYOS			
		01	02	03	
A	Peso del material saturado y superficialmente seco (aire)	gr	1598.20	1495.32	-
B	Peso del material saturado y superficialmente seco (sumergido)	gr	1007.20	946.82	-
C = A - B	Volumen de la masa + volumen de vacios (bruto)	cm <sup>3</sup>	591.00	548.50	-
D	Peso de material seco en el horno	gr	1589.20	1486.22	-
E=C-(A-D)	Volumen de la masa (neto)	cm <sup>3</sup>	582.00	539.40	-
((A-D/D)x100)	ABSORCION (%)	%	0.57	0.61	-
D/C	Peso especifico bulk (base seca)	gr/cm <sup>3</sup>	2.69	2.71	-
A/C	Peso especifico bulk (base saturada)	gr/cm <sup>3</sup>	2.70	2.73	-
D/E	Peso aparente (base seca)	gr/cm <sup>3</sup>	2.73	2.76	-

#### PROMEDIO

Peso especifico bulk seca (base seca)	gr/cm <sup>3</sup>	2.70
Peso especifico bulk (base saturada)	gr/cm <sup>3</sup>	2.72
Peso aparente (base seca)	gr/cm <sup>3</sup>	2.74
Absorción	%	0.59

#### AGREGADO FINO

DESCRIPCION	UND	N° ENSAYOS			
		01	02	03	
A	Peso del material saturado y superficialmente seco (aire)	gr	493.60	478.40	-
B	Peso de fiola + agua	gr	674.70	678.90	-
C	Peso fiola + muestra s.s.s. + agua	gr	985.70	977.00	-
D=(A+B)-C	Volumen de la masa + volumen de vacios (bruto)	cm <sup>3</sup>	182.60	180.30	-
E	Peso de material seco en el horno	gr	488.00	473.00	-
F=D-(A-E)	Volumen de la masa (neto)	cm <sup>3</sup>	177.00	174.90	-
((A-E/E)x100)	ABSORCION (%)	%	1.15	1.14	-
E/D	Peso especifico bulk (base seca)	gr/cm <sup>3</sup>	2.67	2.62	-
A/D	Peso especifico bulk (base saturada)	gr/cm <sup>3</sup>	2.70	2.65	-
E/F	Peso aparente (base seca)	gr/cm <sup>3</sup>	2.76	2.70	-

#### PROMEDIO

Peso especifico bulk seca (base seca)	gr/cm <sup>3</sup>	2.65
Peso especifico bulk (base saturada)	gr/cm <sup>3</sup>	2.68
Peso aparente (base seca)	gr/cm <sup>3</sup>	2.73
Absorción	%	1.14

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE

## **Pesos unitarios de los agregados**



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

<b>TESIS</b>	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
<b>UBICACIÓN</b>	HUARAZ		
<b>CANTERA</b>	TACLLAN	<b>SOLICITA</b>	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO
<b>FECHA</b>	01 de agosto 2022	<b>RESPONSABLE</b>	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

## PESOS UNITARIOS

(ASTM C 128 NTP 400.017)

### AGREGADO FINO

DESCRIPCION	UND	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
		01	02	03	01	02	03
Masa de molde + muestra	gr	11500.00	11690.00	11760.00	12830.00	12750.00	12810.00
Masa de molde	gr	7320.00	7320.00	7320.00	7320.00	7320.00	7320.00
Masa de muestra	gr	4180.00	4370.00	4440.00	5510.00	5430.00	5490.00
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	3025.17	3025.17	3025.17	3025.17	3025.17	3025.17
Peso unitario	kg/m <sup>3</sup>	1381.74	1444.55	1467.69	1821.39	1794.94	1814.78
Peso unitario promedio	kg/m <sup>3</sup>	1431.33			1810.37		

### AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	UND	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
		01	02	03	01	02	03
Masa de molde + muestra	gr	11220.00	11300.00	11200.00	12200.00	12130.00	12110.00
Masa de molde	gr	7320.00	7320.00	7320.00	7320.00	7320.00	7320.00
Masa de la muestra	gr	3900.00	3980.00	3880.00	4880.00	4810.00	4790.00
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	3025.17	3025.17	3025.17	3025.17	3025.17	3025.17
Peso unitario	kg/m <sup>3</sup>	1289.18	1315.63	1282.57	1613.13	1589.99	1583.38
Peso unitario promedio	kg/m <sup>3</sup>	1295.80			1595.50		

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE

**OBSERVACIONES:**

\*La muestra fue extraida y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLLAN	SOLICITA	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDARICO
FECHA	01 de agosto 2022	RESPONSABLE	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

## PESOS UNITARIOS

(ASTM C 128 NTP 400.017)

### VIDRIO RECICLADO MOLIDO

DESCRIPCION	UND	PESO UNITARIO SUELTO		
		01	02	03
Masa de molde + muestra	gr	11290.00	11270.00	11490.00
Masa de molde	gr	7320.00	7320.00	7320.00
Masa de muestra	gr	3970.00	3950.00	4170.00
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	3025.17	3025.17	3025.17
Peso unitario	kg/m <sup>3</sup>	1312.32	1305.71	1378.44
Peso unitario promedio	kg/m <sup>3</sup>	1332.16		

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA  
ING CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76262  
TITULAR GERENTE

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraida y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

## **Diseño de Mezcla de concreto patrón y concreto experimental**

### DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO PATRON

<b>TESIS</b>	Resistencia a la compresion del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
<b>UBICACIÓN</b>	HUARAZ		
<b>CANTERA</b>	TACLLAN	<b>ELABORADO POR</b>	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDARICO
<b>FECHA</b>	03 de agosto 2022	<b>REVISADO POR</b>	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

Datos: Agua y Cemento Portland Tipo I (Marca SOL)		
Peso específico del cemento ( $\gamma_c$ ) :	3120.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del agua ( $\gamma_{H2O}$ ) :	1000.00	kg/m <sup>3</sup>

Datos de resistencia y asentamiento		
Resistencia ( $f'c$ )	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	3" - 4"	pulg

Datos de los agregados			
Descripción	Fino	Grueso	Unidad
Perfil	-	Angular	-
Peso unitario seco suelto	1431.33	1295.80	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario seco compactado	1810.37	1595.50	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2730.00	2740.00	kg/m <sup>3</sup>
Modulo de Fineza	2.90	7.52	Aceptable
Tamaño máximo nominal (TMN)	N° 4	1"	-
Porcentaje de absorcion	1.14	0.59	%
Contenido de humedad (W)	3.05	0.72	%

**1. Selección de la resistencia requerida ( $f'cr$ )**

$\Delta$  = 84.00

$f'cr$  = 294.00 kg/cm<sup>2</sup>

**2. Selección de tamaño máximo nominal del agregado grueso**

TMN..... 1"

**3. Selección de asentamiento**

Asentamiento..... 3" - 4"

**4. Selección del volumen unitario del agregado**

V agua..... 195.00 l/m<sup>3</sup>

**OBSERVACIONES:**

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

  
 CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
 RUC: 20602039260  


---

**LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA**  
 ING. CIVIL / MAESTRIA EN GEOTECNIA  
 CIP 76892  
 TITULAR GERENTE



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO PATRON

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDRICO
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### 5. Selección de contenido de aire atrapado según el TMN

V aire..... 1.50 %

### 6. Relacion Agua - Cemento (a/c)

a/c..... 0.56

### 7. Calculo de contenido de cemento

Cemento.....	348.21	kg/m <sup>3</sup>
FC.....	8.19	bls/m <sup>3</sup>

### 8. Selección del peso del agregado grueso (b)

TMN.....	1"
b/bo.....	0.66

Peso seco compactado del agregado grueso (b)..... 1053.03 kg/m<sup>3</sup>

### 9. Calculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin el incluir agregado fino

Vcemento.....	0.112	m <sup>3</sup>	V1.....	0.706	m <sup>3</sup>
Vagua.....	0.195	m <sup>3</sup>			
Vag.....	0.38	m <sup>3</sup>			
Vaire.....	0.015	m <sup>3</sup>			

### 10. Calculo del volumen absoluto del agregado fino (Vaf)

Vaf..... 0.294 m<sup>3</sup>

### 11. Calculo del peso seco del agregado fino (Wsaf)

Peso seco del agregado fino (Wsaf)..... 802.83 kg/m<sup>3</sup>

### 12. Determinamos los valores de diseño en estado seco por m<sup>3</sup>

Cemento.....	348.21	kg
Agua.....	195.00	kg
Agregado grueso.....	1053.03	kg
Agregado fino.....	802.83	kg

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76242  
TITULAR GERENTE

DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO PATRON

<b>TESIS</b>	Resistencia a la compresion del concreto f'c=210 kg/cm2 sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
<b>UBICACIÓN</b>	HUARAZ		
<b>CANTERA</b>	TACLLAN	<b>ELABORADO POR</b>	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO
<b>FECHA</b>	03 de agosto 2022	<b>REVISADO POR</b>	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

13. Correccion de los valores de diseño por humedad del agregado

13.1. Peso Humedo de los agregados (Ph)

$$Ph = \text{Peso seco} * (1 + \%W)$$

Peso humedo del agregado fino.....	827.31	kg
Peso humedo del agregado grueso.....	1060.61	kg

13.2. Humedad Superficial de los agregados (H.S.)

$$H. S. = (\%W - \% \text{Absorción})$$

H. S. del agregado fino.....	1.91	%
H. S. del agregado grueso.....	0.13	%

13.3. Aporte de humedad de los agregados

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso seco} * H. S.$$

Agregado fino.....	15.33	L
Agregado grueso.....	1.37	L
Aporte de humedad de los agregados.....	16.70	L/m3
Agua efectiva.....	178.30	L/m3

13.4. Peso de los materiales corregidos por humedad del agregado

Cemento.....	348.21	kg/m3
Agua.....	178.30	L/m3
Agregado fino.....	827.31	kg/m3
Agregado grueso.....	1060.61	kg/m3

14. Proporción en peso de los materiales de diseño y obra

Cemento.....	1.00
Agregado fino.....	2.38
Agregado grueso.....	3.05
Agua/Cemento (a/c).....	0.512

C (kg)	A°F° (kg)	A°G° (kg)	a/c
1	2.38	3.05	0.512

OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 = Huaraz/ Teléfono (043)231231 = Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602059260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76262  
TITULAR GERENTE

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO PATRON

<b>TESIS</b>	Resistencia a la compresion del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
<b>UBICACIÓN</b>	HUARAZ		
<b>CANTERA</b>	TACLLAN	<b>ELABORADO POR</b>	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO
<b>FECHA</b>	03 de agosto 2022	<b>REVISADO POR</b>	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### 15. Pesos por tanda de un saco de cemento

Cemento.....	42.50	kg/bls
Agregado fino.....	100.97	kg/bls
Agregado grueso.....	129.45	kg/bls
Agua/Cemento (a/c).....	21.76	kg/bls

C (kg)	A°F° (kg)	A°G° (kg)	Agua (lt)
42.50	100.97	129.45	21.76

### 15. Proporción en volumen en pie<sup>3</sup>

*Proporción en peso x 42.50x35.31*

*Peso unitario suelto seco*

C (pie <sup>3</sup> )	A°F° (pie <sup>3</sup> )	A°G° (pie <sup>3</sup> )	Agua (lt)
1	2.49	3.53	21.76

### 15. Proporción en volumen en m<sup>3</sup>

C (bls)	A°F° (m <sup>3</sup> )	A°G° (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )
8.19	0.58	0.82	0.178



#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 3% VRM

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDRICO
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### Datos: Agua y Cemento Portland Tipo I (Marca SOL)

Peso específico del cemento ( $\gamma_c$ ) :	3120.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del agua ( $\gamma_{H2O}$ ) :	1000.00	kg/m <sup>3</sup>

### Datos de Resistencia y Asentamiento

Resistencia ( $f'_c$ )	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	3" - 4"	kg/m <sup>3</sup>

### Datos de los Agregados

Descripción	Fino	Grueso	Unidad
Perfil	-	Angular	-
Peso unitario suelto	1431.33	1295.80	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1810.37	1595.50	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2730.00	2740.00	kg/m <sup>3</sup>
Modulo de Fineza	2.90	7.52	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	N° 4	1"	-
Porcentaje de absorcion	1.14	0.59	%
Contenido de humedad	3.05	0.72	%

### Datos del vidrio reciclado molido

Peso específico del vidrio molido	1560.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1332.16	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de vidrio molido en volumen	3.00	%
Modulo de fineza	2.90	Aceptable
Porcentaje de absorcion vidrio molido - condición	0.00	%
Contenido de humedad - condición	0.00	%

Modulo de fineza de agregados combinados (arena + vidrio molido)	2.9
--	-----

### 1. Selección de la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ )

$\Delta$ =	84.00	
$f'_{cr}$ =	294.00	kg/cm <sup>2</sup>

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 - Huaraz / Teléfono (043)231231 - Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76262  
TITULAR GERENTE



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 3% VRM

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDRICO
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### 2. Selección de tamaño máximo nominal del agregado grueso

TMN.....

### 3. Selección de asentamiento

Asentamiento.....

### 4. Selección del volumen unitario del agregado

V agua.....  L/m<sup>3</sup>

### 5. Selección de contenido de aire atrapado según el TMN

V aire.....  %

### 6. Relación Agua - Cemento (a/c)

a/c.....

### 7. Calculo de contenido de cemento

Cemento.....  kg/m<sup>3</sup>  
 FC.....  bls/m<sup>3</sup>

### 8. Selección del peso del agregado grueso (b)

TMN.....  Mc.....   
 b/bo.....   
 Peso seco compactado del agregado grueso (b) =  kg/m<sup>3</sup>

### 9. Calculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin el incluir agregado fino

V cemento.....  m<sup>3</sup>  
 V agua.....  m<sup>3</sup>  
 V ag.....  m<sup>3</sup>  
 V aire.....  m<sup>3</sup>  
 V.....  m<sup>3</sup>

### 10. Calculo del volumen absoluto del agregado fino (Vaf) y Volumen de Vidrio molido (Vvm)

Vaf.....  m<sup>3</sup>  
 Vvm.....  m<sup>3</sup>  
 Vaaf.....  m<sup>3</sup>

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
 RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
 ING CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
 CIP 76282  
 TITULAR GERENTE



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 3% VRM

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f'c=210$ kg/cm2 sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### 11. Calculo del peso seco del agregado fino y Vidrio molido

Peso seco del agregado fino.....	778.74	kg/m3
Peso seco del vidrio molido.....	13.76	kg/m3

### 12. Determinamos los valores de diseño en estado seco por m3

Cemento.....	348.21	kg
Agua.....	195.00	kg
Agregado grueso.....	1053.03	kg
Agregado fino.....	778.74	kg
Vidrio molido.....	13.76	kg

### 13. Correccion de los valores de diseño por humedad del agregado

#### 13.1. Peso Humedo de los agregados (Ph)

$$Ph = \text{Peso seco} * (1 + \%W)$$

Peso humedo del agregado fino.....	802.49	kg
Peso humedo del vidrio molido.....	13.76	kg
Peso humedo del agregado grueso.....	1060.61	kg

#### 13.2. Humedad Superficial de los agregados (H.S.)

$$H.S. = \%W - \% \text{ Absorción}$$

H. S. del agregado fino.....	1.91	%
H. S. del agregado grueso.....	0.13	%

#### 13.3. Aporte de humedad de los agregados

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso seco} * H.S.$$

Agregado fino.....	14.87	L
Agregado grues.....	1.37	L
Aporte de humedad de los agregados.....	16.24	L/m3
Agua efectiva.....	178.76	L/m3

#### 13.4. Peso de los materiales corregidos por humedad del agregado

Cemento.....	348.21	kg/m3
Agua.....	178.76	L/m3
Agregado fino.....	802.49	kg/m3
Vidrio molido.....	13.76	kg/m3
Agregado grueso.....	1060.61	kg/m3

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico

[canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20502039260

LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA  
ING CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 3% VRM

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022			
UBICACIÓN	HUARAZ			
CANTERA	TACLLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDRICO	
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA	

### 14. Proporción en peso de los materiales de diseño y obra

Cemento.....	1.00
Agregado fino.....	2.30
Vidrio molido.....	0.04
Agregado grueso.....	3.05
Agua/Cemento (a/c).....	0.51

C (kg)	A°F° (kg)	VRM (kg)	A°G° (kg)	a/c
1.00	2.30	0.040	3.05	0.513

### 15. Pesos por tanda de un saco de cemento

Cemento.....	42.50	kg/bls
Agregado fino.....	97.95	kg/bls
Vidrio molido.....	1.68	kg/bls
Agregado grueso.....	129.45	kg/bls
Agua/Cemento (a/c).....	21.82	kg/bls

C (kg)	A°F° (kg)	VRM (kg)	A°G° (kg)	a (lt)
42.50	97.95	1.68	129.45	21.82

### 15. Proporción en volumen en pie<sup>3</sup>

Proporción en peso x 42.50x35.31

Peso unitario suelto seco

C (pie <sup>3</sup> )	A°F° (pie <sup>3</sup> )	VRM (pie <sup>3</sup> )	A°G° (pie <sup>3</sup> )	Agua (lt)
1	2.42	0.045	3.53	21.82

### 15. Proporción en volumen en m<sup>3</sup>

C (bls)	A°F° (m <sup>3</sup> )	VRM (m <sup>3</sup> )	A°G° (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )
8.19	0.56	0.01	0.82	0.179

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 7% VRM

<b>TESIS</b>	Resistencia a la compresion del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
<b>UBICACIÓN</b>	HUARAZ		
<b>CANTERA</b>	TACLLAN	<b>ELABORADO POR</b>	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO
<b>FECHA</b>	03 de agosto 2022	<b>REVISADO POR</b>	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

Datos: Agua y Cemento Portland Tipo I (Marca SOL)		
Peso específico del cemento ( $\gamma_c$ ) :	3120.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del agua ( $\gamma_{H2O}$ ) :	1000.00	kg/m <sup>3</sup>

Datos de Resistencia y Asentamiento		
Resistencia ( $f'c$ )	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	3" - 4"	kg/m <sup>3</sup>

Datos de los Agregados			
Descripcion	Fino	Grueso	Unidad
Perfil	-	Angular	-
Peso unitario suelto	1431.33	1295.80	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1810.37	1595.50	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2730.00	2740.00	kg/m <sup>3</sup>
Modulo de Fineza	2.90	7.52	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	N° 4	1"	-
Porcentaje de absorcion	1.14	0.59	%
Contenido de humedad	3.05	0.72	%

Datos del vidrio reciclado molido		
Peso específico del vidrio molido	1560.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1332.16	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de vidrio molido en volumen	7.00	%
Modulo de fineza	2.90	Aceptable
Porcentaje de absorcion vidrio molido - condición	0.00	%
Contenido de humedad - condición	0.00	%

Modulo de fineza de agregados combinados (arena + vidrio molido)	<b>2.9</b>
--	------------

### 1. Selección de la resistencia requerida ( $f'cr$ )

$\Delta =$	84.00	
$f'cr =$	294.00	kg/cm <sup>2</sup>

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 7% VRM

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### 2. Selección de tamaño máximo nominal del agregado grueso

TMN..... 1"

### 3. Selección de asentamiento

Asentamiento..... 3" - 4"

### 4. Selección del volumen unitario del agregado

V agua..... 195.00 L/m<sup>3</sup>

### 5. Selección de contenido de aire atrapado según el TMN

V aire..... 1.50 %

### 6. Relacion Agua - Cemento (a/c)

a/c..... 0.56

### 7. Calculo de contenido de cemento

Cemento..... 348.21 kg/m<sup>3</sup>

FC..... 8.19 bls/m<sup>3</sup>

### 8. Selección del peso del agregado grueso (b)

TMN..... 1"

b/bo..... 0.66

Mc..... 2.9

Peso seco compactado del agregado grueso (b)..... 1053.03 kg/m<sup>3</sup>

### 9. Calculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin el incluir agregado fino

V cemento..... 0.112 m<sup>3</sup>

V agua..... 0.195 m<sup>3</sup>

V ag..... 0.38 m<sup>3</sup>

V aire..... 0.015 m<sup>3</sup>

V1..... 0.706 m<sup>3</sup>

### 10. Calculo del volumen absoluto del agregado fino (Vaaf) y Volumen de Vidrio molido (Vvm)

Vaf ..... 0.294 m<sup>3</sup>

Vvm..... 0.021 m<sup>3</sup>

Vaaf..... 0.273 m<sup>3</sup>

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA E.I.R.L.  
RUC: 20502039280

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE

**DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 7% VRM**

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDARICO
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

**11. Calculo del peso seco del agregado fino y Vidrio molido**

Peso seco del agregado fino.....	746.63	kg/m <sup>3</sup>
Peso seco del vidrio molido.....	32.11	kg/m <sup>3</sup>

**12. Determinamos los valores de diseño en estado seco por m<sup>3</sup>**

Cemento.....	348.21	kg
Agua.....	195.00	kg
Agregado grueso.....	1053.03	kg
Agregado fino.....	746.63	kg
Vidrio molido.....	32.11	kg

**13. Correccion de los valores de diseño por humedad del agregado**

**13.1. Peso Humedo de los agregados (Ph)**

$$Ph = \text{Peso seco} * (1 + \%W)$$

Peso humedo del agregado fino.....	769.40	kg
Peso humedo del vidrio molido.....	32.11	kg
Peso humedo del agregado grueso.....	1060.61	kg

**13.2. Humedad Superficial de los agregados (H.S.)**

$$H.S. = \%W - \% \text{ Absorción}$$

H. S. del agregado fino.....	1.91	%
H. S. del agregado grueso.....	0.13	%

**13.3. Aporte de humedad de los agregados**

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso seco} * H.S.$$

Agregado fino.....	14.26	L
Agregado grueso.....	1.37	L
Aporte de humedad de los agregados.....	15.63	L/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	179.37	L/m <sup>3</sup>

**13.4. Peso de los materiales corregidos por humedad del agregado**

Cemento.....	348.21	kg/m <sup>3</sup>
Agua.....	179.37	L/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	769.40	kg/m <sup>3</sup>
Vidrio molido.....	32.11	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1060.61	kg/m <sup>3</sup>

**OBSERVACIONES:**

\*La muestra fue extralada y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico

[canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20802039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 7% VRM

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022			
UBICACIÓN	HUARAZ			
CANTERA	TACLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO	
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA	

### 14. Proporción en peso de los materiales de diseño y obra

Cemento.....	1.00
Agregado fino.....	2.21
Vidrio molido.....	0.09
Agregado grueso.....	3.05
Agua/Cemento (a/c).....	0.52

C (kg)	A°F° (kg)	VM (kg)	A°G° (kg)	a/c
1.00	2.21	0.092	3.05	0.515

### 15. Pesos por tanda de un saco de cemento

Cemento.....	42.50	kg/bls
Agregado fino.....	93.91	kg/bls
Vidrio molido.....	3.92	kg/bls
Agregado grueso.....	129.45	kg/bls
Agua/Cemento (a/c).....	21.89	kg/bls

C (kg)	A°F° (kg)	VM (kg)	A°G° (kg)	a (lt)
42.50	93.91	3.92	129.45	21.89

### 15. Proporción en volumen en pie<sup>3</sup>

Proporción en peso x 42.50x35.31  
Peso unitario suelto seco

C (pie <sup>3</sup> )	A°F° (pie <sup>3</sup> )	VM (pie <sup>3</sup> )	A°G° (pie <sup>3</sup> )	Agua (lt)
1	2.32	0.104	3.53	21.89

### 15. Proporción en volumen en m<sup>3</sup>

C (bls)	A°F° (m <sup>3</sup> )	VM (pie <sup>3</sup> )	A°G° (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )
8.19	0.54	0.02	0.82	0.179

### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico

[canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA E.I.R.L.  
RUC: 20602039269

LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CI: 78742  
H. 11.11.11



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 15% VRM

<b>TESIS</b>	Resistencia a la compresion del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
<b>UBICACIÓN</b>	HUARAZ		
<b>CANTERA</b>	TACLAN	<b>ELABORADO POR</b>	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULGARICO
<b>FECHA</b>	03 de agosto 2022	<b>REVISADO POR</b>	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### Datos: Agua y Cemento Portland Tipo I (Marca SOL)

Peso específico del cemento ( $\gamma_c$ ) :	3120.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del agua ( $\gamma_{H2O}$ ) :	1000.00	kg/m <sup>3</sup>

### Datos de Resistencia y Asentamiento

Resistencia ( $f'c$ )	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	3" - 4"	kg/m <sup>3</sup>

### Datos de los Agregados

Descripción	Fino	Grueso	Unidad
Perfil	-	Angular	-
Peso unitario suelto	1431.33	1295.80	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1810.37	1595.50	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2730.00	2740.00	kg/m <sup>3</sup>
Modulo de Fineza	2.90	7.52	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	N° 4	1"	-
Porcentaje de absorcion	1.14	0.59	%
Contenido de humedad	3.05	0.72	%

### Datos del vidrio molido

Peso específico del vidrio molido	1560.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1332.16	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de vidrio molido en volumen	15.00	%
Modulo de fineza	2.90	Aceptable
Porcentaje de absorcion vidrio molido - condición	0.00	%
Contenido de humedad - condición	0.00	%

Modulo de fineza de agregados combinados ( $M_c$ )	<b>2.90</b>
--	-------------

### 1. Selección de la resistencia requerida ( $f'cr$ )

$\Delta$ =	84.00	
$f'cr$ =	294.00	kg/cm <sup>2</sup>

### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 15% VRM

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULGARICO
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### 2. Selección de tamaño máximo nominal del agregado grueso

TMN..... 1"

### 3. Selección de asentamiento

Asentamiento..... 3" - 4"

### 4. Selección del volumen unitario del agregado

V agua..... 195.00 L/m<sup>3</sup>

### 5. Selección de contenido de aire atrapado según el TMN

V aire..... 1.50 %

### 6. Relacion Agua - Cemento (a/c)

a/c..... 0.56

### 7. Calculo de contenido de cemento

Cemento..... 348.21 kg/m<sup>3</sup>

FC..... 8.19 bls/m<sup>3</sup>

### 8. Selección del peso del agregado grueso (b)

TMN..... 1"

b/bo..... 0.66

Mc..... 2.90

Peso seco compactado del agregado grueso (b)..... 1053.03 kg/m<sup>3</sup>

### 9. Calculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin el incluir agregado fino

V cemento..... 0.112 m<sup>3</sup>

V agua..... 0.195 m<sup>3</sup>

V ag..... 0.38 m<sup>3</sup>

V aire..... 0.015 m<sup>3</sup>

V1..... 0.706 m<sup>3</sup>

### 10. Calculo del volumen absoluto del agregado fino (Vaaf) y Volumen de Vidrio molido (Vvm)

Vaf..... 0.294 m<sup>3</sup>

Vvm..... 0.044 m<sup>3</sup>

Vaaf..... 0.250 m<sup>3</sup>

### 11. Calculo del peso seco del agregado fino y Vidrio molido

Peso seco del agregado fino..... 682.40 kg/m<sup>3</sup>

Peso seco del vidrio molido..... 68.81 kg/m<sup>3</sup>

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 / correo electrónico

[canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE





# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS – LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO EXPERIMENTAL CON 15% VRM

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022			
UBICACIÓN	HUARAZ			
CANTERA	TACLAN	ELABORADO POR	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDARICO	
FECHA	03 de agosto 2022	REVISADO POR	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA	

### 14. Proporción en peso de los materiales de diseño y obra

Cemento.....	1.00
Agregado fino.....	2.02
Vidrio molido.....	0.20
Agregado grueso.....	3.05
Agua/Cemento (a/c).....	0.52

C (kg)	A°F° (kg)	VM (kg)	A°G° (kg)	a/c
1.00	2.02	0.198	3.05	0.519

### 15. Pesos por tanda de un saco de cemento

Cemento.....	42.50	kg/bls
Agregado fino.....	85.83	kg/bls
Vidrio molido.....	8.40	kg/bls
Agregado grueso.....	129.45	kg/bls
Agua/Cemento (a/c).....	22.04	kg/bls

C (kg)	A°F° (kg)	VM (kg)	A°G° (kg)	a (lt)
42.50	85.83	8.40	129.45	22.04

### 15. Proporción en volumen en pie<sup>3</sup>

Proporción en peso x 42.50x35.31

Peso unitario suelto seco

C (pie <sup>3</sup> )	A°F° (pie <sup>3</sup> )	VM (pie <sup>3</sup> )	A°G° (pie <sup>3</sup> )	Agua (lt)
1	2.12	0.223	3.53	22.04

### 15. Proporción en volumen en m<sup>3</sup>

C (bls)	A°F° (m <sup>3</sup> )	VM (pie <sup>3</sup> )	A°G° (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )
8.19	0.49	0.05	0.82	0.181

#### OBSERVACIONES:

\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE

## **Asentamiento de concreto fresco**



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

<b>TESIS</b>	Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
<b>UBICACIÓN</b>	HUARAZ		
<b>CANTERA</b>	TACLLAN	<b>ELABORADO POR</b>	Bach. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO
<b>FECHA</b>	09 de agosto 2022	<b>REVISADO POR</b>	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

**ENSAYO DE ASENTAMIENTO DE CONCRETO FRESCO (CONO DE ABRAMS)**  
(NTP 339.035)

N°	Diseño de mezcla	FECHA	SLUMP (pulg.)	SLUMP (cm)	T° Concreto	Contenido de aire %
1	Concreto patrón con 0% de vidrio reciclado molido	03/08/2022	3 1/2"	8.89	-	-
2	Concreto experimental con 3% de vidrio reciclado molido	04/08/2022	4 1/2"	11.43	-	-
3	Concreto experimental con 7% de vidrio reciclado molido	05/08/2022	5 1/2"	13.97	-	-
4	Concreto experimental con 15% de vidrio reciclado Molido	06/08/2022	7"	17.78	-	-

OBSERVACIONES :

OBSERVACIONES:  
\*La muestra fue extraída y llevada al laboratorio por el cliente.

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
 RUC: 20602039260  


---

**LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA**  
 ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
 OIP 76282  
 TITULAR GERENTE

## **Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días**

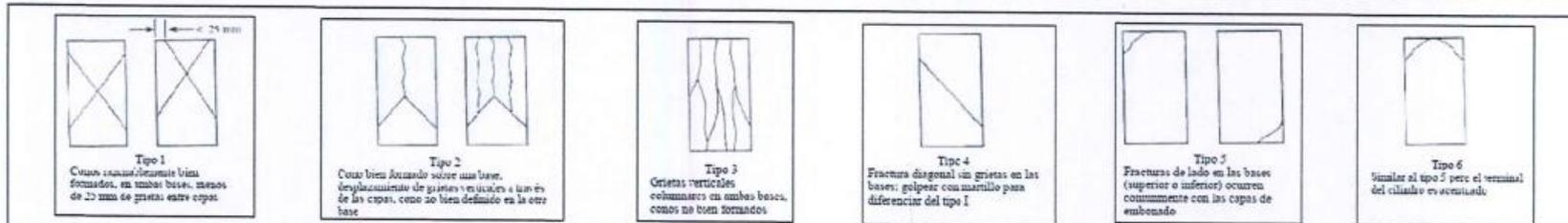
TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLLAN	SOLICITA	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDIRICO
FECHA	07 de setiembre 2022	RESPONSABLE	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

(NORMA ASTM C 39)

$f_c = 210.00$  kg/cm<sup>2</sup>       $\Delta = 84.00$  kg/cm<sup>2</sup>       $f_{cr} = 294.00$  kg/cm<sup>2</sup>      RNE E-080 :  $f_c$  = Resistencia de diseño,  $f_{cr}$  = Resistencia promedio

N°	Descripción	Código	FECHA		Edad (días)	Carga		Probetas				Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resistencia alcanzada	Tipo de Rotura
			Moldeo	Rotura		KN	Kgf	Peso (kg)	Altura (cm)	D (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )			
1.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P17 - 0%VRM	03/08/2022	11/08/2022	7	398.62	40076.00	13.80	30.00	15.00	176.71	226.78	107.86%	Tipo 2
2.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P27 - 0%VRM	03/08/2022	11/08/2022	7	394.64	39876.00	13.80	30.00	15.00	176.71	225.85	107.45%	Tipo 3
3.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P37 - 0%VRM	03/08/2022	11/08/2022	7	396.51	40065.00	13.80	30.00	15.00	176.71	226.72	107.96%	Tipo 2
4.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P114 - 0%VRM	03/08/2022	18/08/2022	14	480.62	49575.00	13.80	30.00	15.00	176.71	280.54	133.59%	Tipo 2
5.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P214 - 0%VRM	03/08/2022	18/08/2022	14	481.77	48880.00	13.80	30.00	15.00	176.71	275.47	131.18%	Tipo 3
8.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P314 - 0%VRM	03/08/2022	18/08/2022	14	469.78	47468.00	13.80	30.00	15.00	176.71	288.62	127.91%	Tipo 2
7.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P128 - 0%VRM	03/08/2022	01/09/2022	28	552.03	55790.00	13.44	30.00	15.00	178.71	315.65	150.31%	Tipo 2
8.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P228 - 0%VRM	03/08/2022	01/09/2022	28	551.14	55690.00	13.44	30.00	15.00	178.71	315.14	150.07%	Tipo 2
9.00	Concreto patron con 0% de vidrio reciclado molido	P328 - 0%VRM	03/08/2022	01/09/2022	28	553.07	55885.00	12.44	30.00	15.00	178.71	316.24	150.58%	Tipo 3



OBSERVACIONES :



# CANTERA-GEOTECNIA, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

CONSULTORÍA, SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y CONCRETO

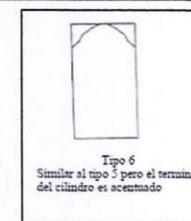
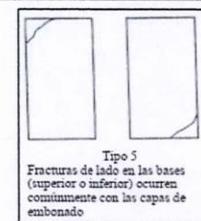
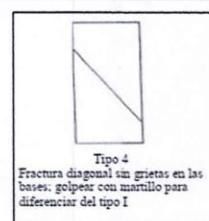
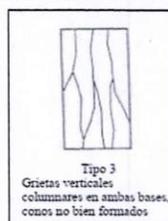
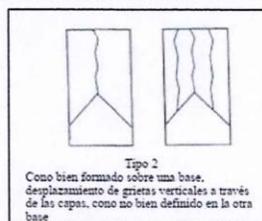
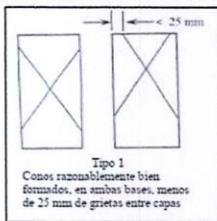
**TESIS** Resistencia a la compresion del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022  
**UBICACIÓN** HUARAZ  
**CANTERA** TACLLAN **SOLICITA** BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULДАРICO  
**FECHA** 07 de setiembre 2022 **RESPONSABLE** ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

(NORMA ASTM C 39)

$f_c = 210.00$  kg/cm<sup>2</sup>     $\Delta = 84.00$  kg/cm<sup>2</sup>     $f_{cr} = 294.00$  kg/cm<sup>2</sup>    RNE E-060 :  $f_c$  = Resistencia de diseño,  $f_{cr}$  = Resistencia promedio

N°	Descripción	Código	FECHA		Edad (días)	Carga		Probetas				Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resistencia alcanzada	Tipo de Rotura
			Moldeo	Rotura		KN	Kgf	Peso (kg)	Altura (cm)	D (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )			
1.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P17 - 3%VRM	04/08/2022	12/08/2022	7	286.51	28950.00	13.16	30.00	15.00	176.71	163.82	78.01%	Tipo 2
2.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P27 - 3%VRM	04/08/2022	12/08/2022	7	281.51	28445.00	13.16	30.00	15.00	176.71	160.97	76.65%	Tipo 5
3.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P37 - 3%VRM	04/08/2022	12/08/2022	7	276.61	27950.00	13.16	30.00	15.00	176.71	158.16	75.32%	Tipo 3
4.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P114 - 3%VRM	04/08/2022	19/08/2022	14	362.11	36589.00	13.75	30.00	15.00	176.71	207.05	98.60%	Tipo 5
5.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P214 - 3%VRM	04/08/2022	19/08/2022	14	370.58	37445.00	13.75	30.00	15.00	176.71	211.90	100.90%	Tipo 2
6.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P314 - 3%VRM	04/08/2022	19/08/2022	14	385.18	38920.00	13.75	30.00	15.00	176.71	220.24	104.88%	Tipo 3
7.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P128 - 3%VRM	04/08/2022	02/09/2022	28	478.38	48338.00	13.48	30.00	15.00	176.71	273.54	130.26%	Tipo 2
8.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P228 - 3%VRM	04/08/2022	02/09/2022	28	480.53	48555.00	13.48	30.00	15.00	176.71	274.77	130.84%	Tipo 3
9.00	Concreto experimental con 3% de VRM	P328 - 3%VRM	04/08/2022	02/09/2022	28	474.79	47975.00	13.48	30.00	15.00	176.71	271.48	129.28%	Tipo 3



OBSERVACIONES :

Dirección: Jr. Simón Bolívar N° 799 – Huaraz/ Teléfono (043)231231 – Celular 954438197 RPM #954438197 / correo electrónico [canteralaboratorio@gmail.com](mailto:canteralaboratorio@gmail.com)

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

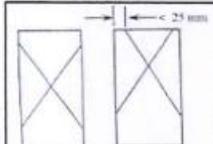
LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA  
 ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
 CIP 76282  
 TITULAR GERENTE

TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022.		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLLAN	SOLICITA	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDARICO
FECHA	07 de setiembre 2022	RESPONSABLE	ING. LUIS FRANCISCO DÍAZ PADILLA

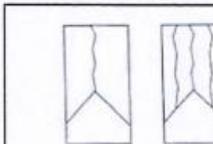
### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (NORMA ASTM C 39)

$f_c = 210.00$  kg/cm<sup>2</sup>       $\Delta = 84.00$  kg/cm<sup>2</sup>       $f_{cr} = 294.00$  kg/cm<sup>2</sup>      RNE E-060 :  $f_c$  = Resistencia de diseño,     $f_{cr}$  = Resistencia promedio

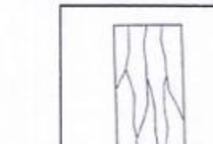
N°	Descripcion	Código	FECHA			Carga		Probetas				Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resistencia alcanzada	Tipo de Rotura
			Moldeo	Rotura	Edad (días)	KN	Kgf	Peso (kg)	Altura (cm)	D (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )			
1.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P17 - 7%VRM	05/08/2022	13/08/2022	7	251.59	25422.00	13.50	30.00	15.00	176.71	143.86	68.50%	Tipo 5
2.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P27 - 7%VRM	05/08/2022	13/08/2022	7	249.79	25240.00	13.50	30.00	15.00	176.71	142.83	68.01%	Tipo 2
3.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P37 - 7%VRM	05/08/2022	13/08/2022	7	258.50	26120.00	13.50	30.00	15.00	176.71	147.81	70.39%	Tipo 5
4.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P114 - 7%VRM	05/08/2022	20/08/2022	14	268.96	27177.00	13.40	30.00	15.00	176.71	153.79	73.23%	Tipo 5
5.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P214 - 7%VRM	05/08/2022	20/08/2022	14	279.58	28250.00	13.40	30.00	15.00	176.71	159.86	76.12%	Tipo 3
6.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P314 - 7%VRM	05/08/2022	20/08/2022	14	295.81	29890.00	13.40	30.00	15.00	176.71	169.14	80.54%	Tipo 2
7.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P128 - 7%VRM	05/08/2022	04/09/2022	28	354.98	35869.00	13.35	30.00	15.00	176.71	202.98	96.66%	Tipo 2
8.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P228 - 7%VRM	05/08/2022	04/09/2022	28	363.90	36770.00	13.35	30.00	15.00	176.71	208.08	99.08%	Tipo 5
9.00	Concreto experimental con 7% de VRM	P328 - 7%VRM	05/08/2022	04/09/2022	28	365.93	36975.00	13.35	30.00	15.00	176.71	209.24	99.64%	Tipo 3



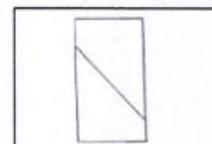
**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas



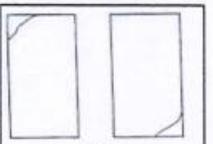
**Tipo 2**  
Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base



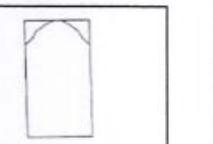
**Tipo 3**  
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1



**Tipo 5**  
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado



**Tipo 6**  
Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acenado

OBSERVACIONES :

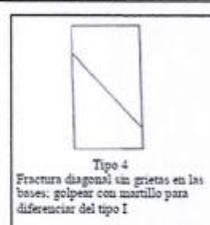
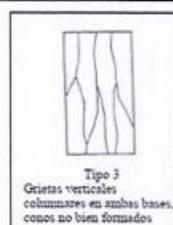
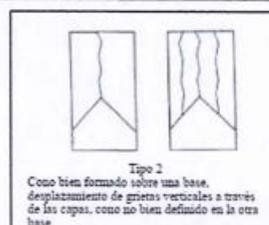
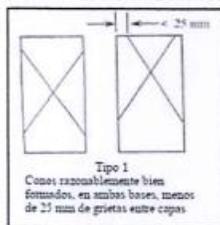
TESIS	Resistencia a la compresion del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022		
UBICACIÓN	HUARAZ		
CANTERA	TACLAN	SOLICITA	BACH. NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDARICO
FECHA	07 de setiembre 2022	RESPONSABLE	ING. LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

(NORMA ASTM C 39)

$f_c = 210.00$  kg/cm<sup>2</sup>       $\Delta = 84.00$  kg/cm<sup>2</sup>       $f_{cr} = 294.00$  kg/cm<sup>2</sup>      RNE E-060 :  $f_c$  = Resistencia de diseño,       $f_{cr}$  = Resistencia promedio

N°	Descripcion	Código	FECHA		Edad (días)	Carga		Probetas				Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resistencia alcanzada	Tipo de Rotura
			Moldeo	Rotura		KN	Kgf	Peso (kg)	Altura (cm)	D (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )			
1.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P17 - 15%VRM	06/08/2022	15/08/2022	7	253.06	25570.00	13.56	30.00	15.00	176.71	144.70	68.90%	Tipo 5
2.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P27 - 15%VRM	06/08/2022	15/08/2022	7	253.25	25590.00	13.56	30.00	15.00	176.71	144.81	68.96%	Tipo 2
3.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P37 - 15%VRM	06/08/2022	15/08/2022	7	244.34	24689.00	13.56	30.00	15.00	176.71	139.71	66.53%	Tipo 5
4.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P114 - 15%VRM	06/08/2022	22/08/2022	14	291.27	29431.00	13.40	30.00	15.00	176.71	166.55	79.31%	Tipo 2
5.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P214 - 15%VRM	06/08/2022	22/08/2022	14	293.48	29655.00	13.40	30.00	15.00	176.71	167.81	79.91%	Tipo 3
6.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P314 - 15%VRM	06/08/2022	22/08/2022	14	296.65	29975.00	13.40	30.00	15.00	176.71	169.62	80.77%	Tipo 5
7.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P128 - 15%VRM	06/08/2022	05/09/2022	28	368.69	37254.00	13.34	30.00	15.00	176.71	210.81	100.39%	Tipo 2
8.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P228 - 15%VRM	06/08/2022	05/09/2022	28	369.89	37375.00	13.34	30.00	15.00	176.71	211.50	100.71%	Tipo 3
9.00	Concreto experimental con 15% de VRM	P328 - 15%VRM	06/08/2022	05/09/2022	28	377.21	38115.00	13.34	30.00	15.00	176.71	215.69	102.71%	Tipo 2



OBSERVACIONES :



### CERTIFICADO DE ENSAYO DE LABORATORIO

El que suscribe, Ing. Luis Francisco Díaz Padilla, hace constar por medio de la presente que, el Bachiller Norabuena Chavez Giancarlo Uldarico, identificado con D.N.I. N° 43619903, de la Universidad César Vallejo, ha realizado los ensayos de granulometría, contenido de humedad, pesos unitarios y peso específico y absorción, de los agregados, requeridos para el diseño de mezclas de concreto, asimismo el ensayo de asentamiento de concreto fresco y resistencia a la compresión de probetas de concreto en las instalaciones del laboratorio Cantera – Geotecnia, Construcción y Minería, requeridos para la tesis "Resistencia a la compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Huaraz, 07 de setiembre del 2022

CANTERA, GEOTECNIA, CONSTRUCCION Y MINERIA E.I.R.L.  
RUC: 20602039260

LUIS FRANCISCO DIAZ PADILLA  
ING. CIVIL - MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CIP 76282  
TITULAR GERENTE

Firma

## ANEXO 4: Panel fotográfico

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 15.* Reciclaje del vidrio utilizado en la construcción, para puertas y ventanas del taller de vidriería “PIONERO”

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 16.* Selección, lavado y secado del vidrio reciclado

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 17.* Proceso de molienda del vidrio reciclado con molino mecánico

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 18.* Adquisición de agregados de la cantera de Tacllan – Rio Santa

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 19.* Proceso de secado de los agregados en el horno

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 20.* Proceso de tamizado de los agregados para análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis

## Ficha Técnica

### CEMENTO SOL

#### Descripción:

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

#### Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

#### Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajes, enchapes de mayólicas y otros materiales.

#### Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

#### Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



### Recomendaciones

#### Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

#### Manipulación:

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

#### Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Figura 21. Cemento SOL TIPO I, Utilizado en la elaboración de los concretos patrones y experimental

Fuente: UNACEM – Construyendo oportunidades

Propiedades físicas y químicas			
Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

Figura 22: Especificaciones técnicas cemento SOL Tipo I  
Fuente: UNACEM – Construyendo oportunidades



Figura 23. Especificaciones técnicas del Cemento SOL TIPO I, adquirido de la ferretería PAOLA ubicado en el Jr. Caraz Nro. 494 Urb. Cono Aluvionico, Huaraz

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 24.* Proceso de mezclado del vidrio reciclado molido con el agregado fino  
Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 25.* Preparación de mezclas de concreto, medición de asentamiento y elaboración de probetas cilíndricas  
Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



Figura 26. Proceso de desmoldado y curado de las probetas cilíndricas de concreto  
Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



Figura 27. Proceso de retiro y colocado de las probetas curadas para el ensayo de resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



*Figura 28.* Proceso de rotura a compresión de las probetas cilíndricas de concreto, curadas a 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia – Trabajo de Tesis



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado fino con vidrio reciclado molido, Huaraz, 2022", cuyo autor es NORABUENA CHAVEZ GIANCARLO ULDARICO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 12 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA <b>DNI:</b> 70407573 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0254-301X	Firmado electrónicamente por: SLEYTHER el 17-12- 2022 13:05:45

Código documento Trilce: TRI - 0484950