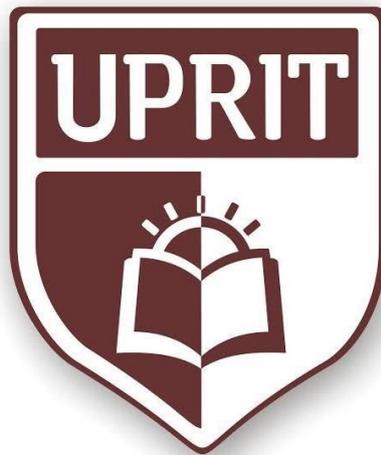


# **UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**FACULTAD DE INGENIERIA:**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**VIDRIO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y SU  
CONTRIBUCIÓN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO –**

**PUNO**

**TESIS:**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**Bach. OCORURO BUSTINZA, JORGE LUIS**

**ASESOR:**

**Mg./Ing. DURAND BAZÁN, ENRIQUE MANUEL**

**TRUJILLO – PERÚ**



---

# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL:

INGENIERÍA CIVIL

“VIDRIO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y SU CONTRIBUCIÓN  
EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO – PUNO”

TESIS:

Presentada por Bach. Jorge Luis Ocoruro Bustinza para optar el título profesional de

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO : .....

Ing. Enrique Manuel Durand Bazán

PRIMER MIEMBRO DEL JURADO : .....

Ing. Guido Robert Marín Cubas

SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO : .....

Ing. Elthon Javier Galarreta Malaver



### **DEDICATORIA.**

Dedico esta tesis principalmente a mi madre Ada Bustinza Aliaga, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional; por enseñarme los principios básicos y necesarios para vivir y por sus consejos acertados en los momentos oportunos, por brindarme un amor incondicional y la oportunidad de devolverle el mismo; y por la demostración de paciencia y tolerancia.



### **AGRADECIMIENTO.**

A mi padre Eradio P. Ocoruro Rojas quien me apoyo todo el tiempo y fue un gran apoyo emocional durante el tiempo en que escribía esta tesis.

A mi novia Yaneth Huamán Espinoza quien me apoyo, alentó y motivó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir, por todo el amor y apoyo incondicional que me brindó.

A mi abuela Natalia Aliaga Vda. de Bustinza Q.E.P.D. quien sé que desde el más allá está feliz por este logro que obtengo y que tanto lo añoraba.

A mis hijos Jorge Josué y Pablo Samael que fueron mi motor y motivo para seguir adelante.

A mis hermanos que no perdieron la esperanza que terminara mi carrera.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis. Para ellos es este agradecimiento de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Jorge Luis

## INDICE DE CONTENIDOS.

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE CONTENIDOS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Antecedentes.....	4
1.6. Bases teóricas.....	7
1.6.1. El vidrio:.....	7
1.6.2. Propiedades del vidrio.....	8
1.6.3. Características del vidrio.....	10
1.6.4. Tipos de vidrio.....	11
1.6.5. El vidrio empleado en construcción:.....	12
1.7. Definición de términos básicos.....	44
1.7.1. Vidrio reciclado:.....	44
1.7.2. Vidrio como sustitución al agregado fino:.....	44
1.7.3. Cemento portland:.....	44
1.7.4. Propiedades físicas:.....	44
1.7.5. Trabajabilidad:.....	45
1.7.6. Consistencia:.....	45
1.7.7. Docilidad:.....	45
1.7.8. Homogeneidad:.....	45
1.7.9. Cohesión:.....	45
1.7.10. Fraguado:.....	45
1.7.11. Durabilidad:.....	45
1.7.12. Propiedades mecánicas:.....	45
1.7.13. Resistencia a compresión del concreto:.....	45
1.7.14. Resistencia a flexión del concreto:.....	45

1.7.15.	Módulo de elasticidad del concreto: .....	46
1.7.16.	Concreto hidráulico: .....	46
1.7.17.	Propiedades de concreto hidráulico:.....	46
1.8.	Formulación de hipótesis. ....	46
2.	MATERIAL Y METODOS. ....	47
2.1.	Material.....	47
2.2.	Material de estudio. ....	47
2.2.1.	Población.....	48
2.2.2.	Muestra.....	48
2.3.	Técnicas, procedimiento e instrumentos. ....	49
2.3.1.	Para recolectar datos.....	49
2.3.2.	Para procesar datos.....	49
2.4.	Operacionalización de variables. ....	51
3.	RESULTADOS.....	52
3.1.	Características de la investigación: .....	52
3.1.1.	Agregado utilizado en la investigación. ....	52
3.1.2.	Cemento utilizado en la investigación. ....	56
3.1.3.	Vidrio reciclado utilizado en la investigación. ....	56
3.2.	Diseño de la mezcla para el concreto con la influencia del vidrio reciclado: .....	63
3.2.2.	Elección del asentamiento (SLUMP).....	64
3.2.3.	Selección del tamaño máximo del agregado grueso. ....	64
3.2.4.	Estimación del agua de mezclado.....	64
3.2.5.	Estimación del contenido de aire incorporado.....	65
3.2.6.	Elección de la relación agua/cemento (A/C). ....	65
3.2.7.	Cálculo del contenido de cemento. ....	65
3.2.8.	Estimación del contenido del peso seco del agregado grueso para 1 kg/m <sup>3</sup> . .	65
3.2.9.	Estimación del contenido del peso seco del agregado fino para 1 kg/m <sup>3</sup> . .....	66
3.2.10.	Ajustes por humedad y absorción. ....	67
3.2.11.	Agua efectiva. ....	67
3.2.12.	Estimación del peso seco del agregado fino con la incorporación de un 30% por el vidrio reciclado (molido). ....	68
3.2.13.	Estimación del peso seco del agregado fino con la incorporación de un 60% por el vidrio reciclado (molido). ....	69
3.2.14.	Estimación del peso seco del agregado fino con la incorporación al 100% por el vidrio reciclado (molido). ....	69
3.2.15.	Resumen del diseño de mezcla con el 0% de vidrio reciclado (molido). .....	70
3.2.16.	Resumen del diseño de mezcla con el 30% de vidrio reciclado (molido). ...	70
3.2.17.	Resumen del diseño de mezcla con el 60% de vidrio reciclado (molido). ...	71
3.2.18.	Resumen del diseño de mezcla con el 100% de vidrio reciclado (molido). .	71

3.3.	Diseño y elaboración de las probetas cilíndricas estándar:.....	72
3.3.2.	Dosificación del espécimen para una probeta cilíndrica estándar. ....	72
3.3.3.	Elaboración de la mezcla y colocado de probetas cilíndricas estándar. ....	79
3.3.4.	Desencofrado y curado de las probetas cilíndricas estándar. ....	82
3.4.	Diseño y elaboración de vigas de 15x15x51 cm.:.....	83
3.4.1.	Preparación de los moldes de vigas de 15x15x51 cm.....	83
3.4.2.	Dosificación del espécimen para una viga rectangular de 15x15x51 cm.....	83
3.4.3.	Elaboración de la mezcla y colocado de vigas rectangulares de 15x15x51 m. 89	
3.4.4.	Desencofrado y curado de las vigas rectangulares de 15x15x51 cm. ....	93
3.5.	Ensayo de resistencia a la compresión: .....	93
3.5.1.	Dimensionamiento de las probetas cilíndricas de hormigón.....	93
3.5.2.	Ensayo de compresión. ....	94
3.6.	Ensayo de resistencia a la flexión: .....	94
3.6.1.	Dimensionamiento de las vigas de hormigón.....	95
3.6.2.	Ensayo de módulo de rotura. ....	95
3.7.	Ensayo de módulo de elasticidad: .....	96
3.7.1.	Ensayo de esfuerzos y deformación. ....	96
3.8.	Resultados de las características físicas del vidrio reciclado proveniente de residuos de construcción en el agregado fino: .....	98
3.8.1.	El vidrio reciclado proveniente de residuos de construcción en la absorción del agregado fino. ....	98
3.8.2.	El vidrio reciclado proveniente de residuos de construcción en el peso unitario del agregado fino. ....	99
3.9.	Resultado de ensayos mecánicos: .....	102
3.9.1.	Resistencia a compresión.....	103
3.9.2.	Resistencia a flexión.....	108
3.9.3.	Módulo de elasticidad. ....	114
3.10.	Resultado de observaciones: .....	119
4.	DISCUSIÓN.....	122
5.	CONCLUSIONES.....	124
6.	RECOMENDACIONES. ....	127
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
	ANEXOS. ....	131

---

## INDICE DE FIGURAS.

- FIGURA 1.1** Componentes del Vidrio.
- FIGURA 1.2** Mezcla del concreto.
- FIGURA 1.3** Cemento Rumi IP.
- FIGURA 1.4** Agregados, hormigón, piedra chancada de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " y agregado fino.
- FIGURA 1.5** Expresión de probeta.
- FIGURA 1.6** Cilindros de concreto para el Ensayo a Compresión.
- FIGURA 1.7** Curva de distribución de la resistencia de los hormigones.
- FIGURA 1.8** Ensayo de flexión con carga en los tercios.
- FIGURA 1.9** Dimensión de espécimen de viga.
- FIGURA 1.10** Influencia de las condiciones d curado en la resistencia.
- FIGURA 1.11** Efecto de la edad y del curado de la resistencia.
- FIGURA 3.1** % de absorción del agregado fino con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio.
- FIGURA 3.2** Peso unitario suelto del agregado fino incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio.
- FIGURA 3.3** Peso unitario varillado del agregado fino incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio.
- FIGURA 3.4** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en la  $f'c$  7 días de edad.
- FIGURA 3.5** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en la  $f'c$  a los 14 días de edad.
- FIGURA 3.6** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en la  $f'c$  a los 28 días de edad.
- FIGURA 3.7** Resumen de  $f'c$  en las edades 7, 14 y 28 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
- FIGURA 3.8** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el  $Mr$  a los 7 días de edad.
- FIGURA 3.9** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el  $Mr$  a los 14 días de edad.

- FIGURA 3.10** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Mr a los 28 días de edad.
- FIGURA 3.11** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Mr a los 28 días de edad.
- FIGURA 3.12** Influencia de vidrio incorporado al agregado fino en el Ec a los 7 días de edad.
- FIGURA 3.13** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Ec a los 14 días de edad.
- FIGURA 3.14** Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Ec a los 28 días de edad.

---

## INDICE DE TABLAS.

<b>TABLA 1.1</b>	Porcentaje de composición del vidrio según el diseño requerido.
<b>TABLA 1.2</b>	Composición del vidrio sódico.
<b>TABLA 1.3</b>	Composición del vidrio potásico.
<b>TABLA 1.4</b>	Composición del vidrio plúmbico.
<b>TABLA 1.5</b>	Composición del vidrio dórico.
<b>TABLA 1.6</b>	Definición del concreto.
<b>TABLA 1.7</b>	Tipos de cemento.
<b>TABLA 1.8</b>	Granulometría para el agregado fino.
<b>TABLA 1.9</b>	Granulometría para el agregado grueso.
<b>TABLA 1.10</b>	Resistencia promedio.
<b>TABLA 1.11</b>	Consistencia de los hormigones en estado fresco.
<b>TABLA 2.1</b>	Detalle de cantidad de probetas cilíndricas utilizadas.
<b>TABLA 2.2</b>	Detalle de cantidad de probetas rectangulares utilizadas.
<b>TABLA 3.1</b>	Peso específico y % de absorción del agregado fino.
<b>TABLA 3.2</b>	Pesos unitarios del agregado fino (suelto y varillado).
<b>TABLA 3.3</b>	Porcentaje de humedad del agregado fino.
<b>TABLA 3.4</b>	Granulometría del agregado fino.
<b>TABLA 3.5</b>	Pesos unitarios del agregado grueso (suelto y varillados).
<b>TABLA 3.6</b>	Peso específico y % de Absorción del agregado grueso.
<b>TABLA 3.7</b>	Porcentaje de humedad del agregado fino.
<b>TABLA 3.8</b>	Granulometría del agregado grueso.
<b>TABLA 3.9</b>	Porcentaje de la muestra seca saturada del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.
<b>TABLA 3.10</b>	De absorción del agregado fino con la incorporación del 30% de vidrio reciclado.

---

<b>TABLA 3.11</b>	De absorción del agregado fino con la incorporación del 60% de vidrio reciclado.
<b>TABLA 3.12</b>	De absorción del agregado fino con la incorporación del 100% de vidrio reciclado.
<b>TABLA 3.13</b>	Porcentaje del peso unitario del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.
<b>TABLA 3.14</b>	Peso unitario suelto y varillado con el 30% de vidrio.
<b>TABLA 3.15</b>	Peso unitario suelto y varillado con el 60% de vidrio.
<b>TABLA 3.16</b>	Peso unitario suelto y varillado con el 100% de vidrio.
<b>TABLA 3.17</b>	Características de los agregados.
<b>TABLA 3.18</b>	Resistencia a compresión promedio.
<b>TABLA 3.19</b>	Consistencia del asentamiento.
<b>TABLA 3.20</b>	Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximo de agregados.
<b>TABLA 3.21</b>	Agregado grueso por unidad de volumen.
<b>TABLA 3.22</b>	Volumen de los materiales de la mezcla.
<b>TABLA 3.23</b>	Ajuste granulométrico del 30% de vidrio reciclado dentro de los parámetros granulométricos de finos.
<b>TABLA 3.24</b>	Ajuste granulométrico del 60% de vidrio reciclado dentro de los parámetros granulométricos de finos.
<b>TABLA 3.25</b>	Ajuste granulométrico del 100% de vidrio reciclado dentro de los parámetros granulométricos de finos.
<b>TABLA 3.26</b>	Resumen de dosificación de los materiales en volumen.
<b>TABLA 3.27</b>	Resumen de dosificación del 30% de vidrio.
<b>TABLA 3.28</b>	Resumen de dosificación del 60% de vidrio.
<b>TABLA 3.29</b>	Resumen de dosificación del 100% de vidrio.
<b>TABLA 3.30</b>	Resumen de la dosificación con el 0% de vidrio para una probeta cilíndrica con un desperdicio del 7%.
<b>TABLA 3.31</b>	Corrección del análisis granulométrico con el 30% de vidrio reciclado dentro

de los parámetros de finos.

<b>TABLA 3.32</b>	Resumen de la dosificación con el 30% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta cilíndrica.
<b>TABLA 3.33</b>	Corrección del análisis granulométrico con el 60% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.
<b>TABLA 3.34</b>	Resumen de la dosificación con el 60% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta cilíndrica.
<b>TABLA 3.35</b>	Corrección del análisis granulométrico con el 100% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.
<b>TABLA 3.36</b>	Resumen de la dosificación con el 100% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta cilíndrica.
<b>TABLA 3.37</b>	Resumen de la dosificación del diseño de mezcla con el 0% de vidrio para una viga rectangular de 15 x 15 x 51 cm.
<b>TABLA 3.38</b>	Corrección del análisis granulométrico con el 30% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.
<b>TABLA 3.39</b>	Resumen de la dosificación con el 30% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta rectangular.
<b>TABLA 3.40</b>	Corrección del análisis granulométrico del 60% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.
<b>TABLA 3.41</b>	Resumen de la dosificación con el 60% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta rectangular.
<b>TABLA 3.42</b>	Corrección del análisis granulométrico del 100% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.
<b>TABLA 3.43</b>	Resumen de la dosificación con el 100% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta rectangular.
<b>TABLA 3.44</b>	% de absorción con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.45</b>	Peso unitario suelto con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.46</b>	Peso unitario varillado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.47</b>	Resumen de $f'c$ a los 7 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.



---

<b>TABLA 3.48</b>	Resumen de $f'c$ a los 14 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.49</b>	Resumen de $f'c$ a los 28 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.50</b>	Resumen de $M_r$ a los 7 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.51</b>	Resumen de $M_r$ a los 14 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.52</b>	Resumen de $M_r$ a los 28 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.53</b>	Resumen de $E_c$ a los 7 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.54</b>	Resumen de $E_c$ a los 14 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.
<b>TABLA 3.55</b>	Resumen de $E_c$ a los 28 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

## RESUMEN.

En la actualidad las cantidades de residuos han incrementado con el pasar de los años, convirtiéndose en una amenaza grave para el medio ambiente. Esto ha generado que reciba mayor atención por las autoridades e investigadores a nivel local, nacional e internacional; proponiendo usos respetuosos con el medio ambiente de estos residuos, los cuales han ido desarrollando y mejorando en los últimos años. La presente investigación profundiza en el posible uso del residuo de vidrio reciclado como una solución sostenible, al ser adicionado en el concreto. Para esto, se hicieron diseños de mezcla con diferentes cantidades de vidrio reciclado y se realizaron comparaciones para identificar el efecto en las propiedades del concreto mediante ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a flexión y módulo de elasticidad. Los resultados muestran que, para dichas pruebas, la adición de vidrio reciclado favorece a las características de sus propiedades, presentando además un ahorro económico. Metodológicamente la presente investigación asumió que el diseño no experimental, cruzado implica la evaluación de las causas de falla en cimentaciones mediante pruebas de laboratorio y observaciones directas, la recolección de datos se ha realizado utilizando las técnicas de acuerdo a los protocolos de la norma técnica para el procesamiento, se organizó el análisis de la información y los registros de observación directa. Los resultados muestran que los daños estructurales encontrados en las viviendas seleccionadas para evaluación; se han registrado asentamientos, diferenciales que manifiestan grietas y fisuras.

**Palabras Claves:** Vidrio reciclado, resistencia a compresión, resistencia a flexión, módulo de elasticidad, asentamientos, grietas, fisuras.

## ABSTRACT.

Currently the amounts of waste have increased over the years, becoming a serious threat to the environment. This has generated that it receives greater attention by the authorities and researchers at the local, national and international level; proposing environmentally friendly uses of these wastes, which have been developed and improved in recent years. This research delves into the possible use of recycled glass waste as a sustainable solution, when added to concrete. For this, mix designs were made with different amounts of recycled glass and comparisons were made to identify the effect on the properties of the concrete through tests of compressive strength, flexural strength and modulus of elasticity. The results show that, for these tests, the addition of recycled glass favors the characteristics of its properties, also presenting economic savings.

Methodologically the present investigation assumed that the non-experimental, crossed design implies the evaluation of the causes of failure in foundations through laboratory tests and direct observations, the data collection has been carried out using the techniques according to the protocols of the technical standard for processing, information analysis and direct observation records were organized. The results show that the structural damage found in the homes selected for evaluation; settlements have been registered, differentials that show cracks and fissures.

**Keywords:** Recycled glass, compressive strength, flexural strength, modulus of elasticity, settlements, cracks, fissures.

## 1. INTRODUCCION.

El concreto es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistentes para hacer bases y paredes.

El uso de vidrio de desecho reciclado en el concreto ha despertado gran interés en todo el mundo y se han realizado numerosas investigaciones que muestran la posibilidad de usar el vidrio de desecho como material de construcción al reemplazarlo parcialmente en las mezclas de concreto.

En Cuba, cifras reportadas indican que el 91.9% de estos envases se recuperan mediante las casas de compra; el 66% de esta recuperación pertenece a las botellas de cerveza y el 23% a las botellas de ron.

Sin embargo, en el Perú no existe dicha investigación del vidrio reciclado en el proceso de la construcción, siendo un problema ambiental al no ser reciclado el vidrio, considerándose un material peligroso y dañino para la población.

El propósito de la investigación, va encaminado a evaluar la viabilidad de la incorporación el vidrio reciclado proveniente de residuos de construcción en el concreto, como sustituto del agregado fino en porcentajes del 0%, 30%, 60% y 100% para la elaboración del concreto.

De esta forma se puede reducir la cantidad de cemento utilizado en las mezclas de concreto sin que se vean afectadas las propiedades mecánicas del concreto, disminuyendo de esta forma el costo de los proyectos de construcción sustancialmente, además de buscar un mayor equilibrio en las relaciones medio ambiente-construcción, ya que la producción de cemento y los daños que este genera al medio ambiente se verían drásticamente disminuidos.

### 1.1. Realidad problemática.

Las edificaciones en la actualidad para un futuro están en constantes modificaciones, estas son derruidas o cambiadas de acuerdo a la calidad de vida, las reparaciones y/o modificaciones de edificación están en un estancamiento de técnicas novedosas en

edificaciones al aspecto socio-económico de la población.

Estas reparaciones y/o modificaciones de edificaciones tienen desperdicios de construcción que no lleva a tener abundancia de desperdicios, como parte de la contaminación ambiental y dañina para la población, específicamente cuando las viviendas suelen ser derruidas con todos los materiales de vidrio en su mismo lugar.

Esto nos lleva a realizar esta indagación para así poder reutilizar el desecho de vidrio reciclado proveniente de desechos de edificaciones con la mezcla del concreto, la tecnología puede ser direccionada en mejorar la calidad de vida.

En la actualidad el vidrio representa el 7% del total de residuos que desechamos a la basura, siendo este a nivel nacional e internacional el único material reciclable al 100%, por lo que es completamente aprovechable de forma continua e indefinida.

El vidrio como material reciclado es triturado y molido para el uso en concreto a nivel internacional siendo este utilizado como agregado en su composición como vidrio molido, hace que el concreto sea más durable y resistente a la compresión donde se probó que la mezcla del concreto y vidrio son bastante efectivos.

En mi trabajo de investigación se analizó el comportamiento del material de vidrio reciclado proveniente de residuos de edificaciones, en la mezcla de concreto también se analizó el comportamiento físico-mecánico de dicha investigación, que serán sometidos a la fuerza de compresión ( $f^c$ ), resistencia a la flexión ( $M_r$ ) y módulo de elasticidad.

## **1.2. Formulación del problema.**

A través del tiempo se ha incrementado la necesidad de lograr una mayor resistencia a la compresión en los elementos de concreto. Por ello, hoy en día se estudia la posibilidad de agregar diferentes tipos de aditivos o sustitutos con el objeto de incrementar la durabilidad o resistencia de este material. Por lo que nace la tecnología del diseño de concreto con vidrio reciclado con buenos resultados a nivel nacional e

internacional sobre las resistencias alcanzadas, sin dejar de lado el beneficio hacia el medio ambiente. Las consideraciones expuestas nos llevan a plantear la siguiente interrogante:

¿Cuál será el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de vidrio reciclado frente a fuerzas de compresión?

### 1.3. Justificación.

En la ciudad de Puno las edificaciones que son derruidas y/o renovadas constantemente, producen una gran cantidad de material de desmonte o desechos en mayor parte de desechos inorgánicos que contienen entre ellos concreto, ladrillos, acero, vidrio entre otros en estado de desintegración, esta situación genera que el material inorgánico sea peligroso como basura ya que ocasiona una contaminación visual y contaminación ambiental al fusionarse los desechos orgánicos e inorgánicos.

Este material al ser manipulados puede producir cortes y/o heridas por ser materiales de sobra junto con los desechos de la demolición de edificaciones, sabiendo que es un material inorgánico sería recomendable derruir y/o renovar la fachada de la edificación iniciando con la extracción de las ventanas, mamparas juntamente con los vidrios y/o vitrales ya que luego el material para el ensayo del concreto hidráulico se utilizará el vidrio reciclado. Sería innovador el sistema de reciclado del material de desecho clasificándolos por material de escombros, fierros y vidrios. Dándole uso para una segunda vida útil para el beneficio y calidad de vida de la población.

El vidrio como material reciclado, material ya triturado y molido sirve en la mezcla de concreto, para poder realizar los ensayos correspondientes y así tener como objetivo resultados favorables mediante las propiedades físico-mecánicas del concreto y obtener un concreto óptimo. Sabiendo que el vidrio es un material 100% reciclable por sus propiedades.

## 1.4. Objetivos.

### 1.4.1. Objetivo general.

Determinar la contribución como material reciclado de residuos de construcción, en las propiedades mecánicas del concreto hidráulico en la ciudad de Puno.

### 1.4.2. Objetivos específicos.

Determinar la contribución del vidrio como material reciclado de residuos de construcción, en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en la ciudad de Puno.

Determinar la contribución del vidrio como material reciclado de residuos de construcción, en la resistencia a flexión del concreto hidráulico en la ciudad de Puno.

Determinar la contribución del vidrio como material reciclado de residuos de construcción, en el módulo de elasticidad de concreto hidráulico en la ciudad de Puno.

## 1.5. Antecedentes.

### Internacional:

**De La Sota (2009).** Realizó seminario de proceso de producción y materiales industriales “El vidrio como material estructurante del mobiliario en Chile”, tuvo como objetivo de este estudio fue identificar y analizar el sistema productivo del mobiliario curvo en el vidrio para la inclusión de un nuevo proceso productivo. Aplica para entender y analizar la resistencia del vidrio curvado, asimismo de tal modo práctica de materiales estructurados sobre mobiliarios curvo beneficiara su eficacia y uso. Como resultado se conoce una gran deficiencia en la normalización exigente, ya que toda la información presente es para productos de vidrio en forma plana, excluyendo a cualquier producto que contenga formas curvadas. Este antecedente es considerado para la presente

investigación ya que resalta el estudio y análisis del sistema productivo de mobiliario curvo, asimismo la práctica de materiales estructurados curvos que beneficia en la eficacia y uso, me servirá para establecer técnicas, herramientas y procedimientos para la recolección de información.

**Soroushian (2012).** Realizó el estudio de investigación de producción “Tipo de concreto con vidrio molido menos cemento”, tuvo como objetivo descubrir un nuevo tipo de concreto con la utilización del vidrio molido para que sea más fuerte, más durable y más resistente al agua. Aplica en el estudio experimental el vidrio reciclado que se utiliza como material de sustitución en una proporción del 20% al cemento haciendo el uso de aditivos. Como resultados se indica que alrededor del 20% del cemento utilizado para obtener concreto se sustituye por el vidrio (reciclado) triturado, generando un significativo ahorro en cemento asimismo el uso del vidrio, ayuda a mitigar la cantidad de vidrio que terminan en vertederos, y ayuda a reducir las emisiones de dióxido de carbono comunes, debido a las altas temperaturas necesarias para crear cemento. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que resalta la importancia de descubrir un nuevo tipo de concreto con la utilización de vidrio molido que sea más fuerte, durable y resistente al agua, me servirá para establecer técnicas, herramientas y procedimientos para la recolección de información y establecer el procedimiento de análisis para información.

**Nacional:**

**Quispe (2010).** En la tesis presentada para la obtención de título de Ingeniero Civil “Influencia del uso del vidrio molido como sustituyente parcial del cemento en la durabilidad del concreto endurecido”, tuvo como objetivo principal determinar la influencia del vidrio molido, en la durabilidad del concreto. Aplica para el diseño experimental la investigación del vidrio molido sustituyente en un porcentaje del 10%

parcialmente al cemento para la durabilidad del concreto. Como resultado se puede mencionar que la utilización del vidrio molido incorpora al 10% del cemento Rumi IP, es más liviano y pierde resistencia en porcentajes mínimos, así mismo la relación a/c es 0.4 en el patrón porque genera menores cantidades de fisuras. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que su objetivo principal es determinar la influencia del vidrio molido y la durabilidad del concreto, me servirá para establecer técnicas, herramientas y procedimientos para la recolección de información y establecer el procedimiento de análisis para información.

**Local:**

**Adco (2011).** En la tesis presentada para la obtención de título de Ingeniero Civil “Análisis y evaluación de diseño de mezclas adicionando fibras de vidrio”, tuvo como objetivo diseñar un concreto con la adición de fibras de vidrio que logren una mayor resistencia. Aplica un estudio del vidrio reciclado que se utiliza en sustitución del material en proporción del 20% haciendo uso de aditivos. Como resultado se menciona que el diseño del concreto con la adición de fibras de vidrio logra una resistencia considerable que trabajan sin afectar a la hidratación del cemento y su acción es puramente mecánica y es compatible en todo tipo de aditivos para el concreto, en cuanto la absorción de las fibras de vidrio no tiene las propiedades de absorber el agua y por lo tanto no se altera el contenido de agua. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que su objetivo es diseñar un concreto con la adición de fibras de vidrio para que logre una mayor resistencia, me servirá para establecer técnicas, herramientas y procedimientos para la recolección de información y establecer el procedimiento de análisis para información.

**Rodríguez & Rodríguez (2020).** En la tesis presentada para la obtención de título de Ingeniero Civil “Efecto del vidrio molido en las propiedades físicas y mecánicas del

concreto”, tuvo como objetivo diseñar tres tipos de mezclas de concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, con distintos porcentajes de incorporación del vidrio molido 1%, 3% y 5% teniendo como base un diseño patrón para comparar resultados. Aplica para determinar las propiedades en estado endurecido de las dosificaciones preparadas con 0%, 1%, 3% y 5% de reemplazo del agregado fino por vidrio molido. Como resultado según la norma ASTM C039, indica que este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados; Se encuentra limitado al concreto que tiene una densidad mayor que 800 kg/m<sup>3</sup> [50 lb/ft<sup>3</sup>]. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que su objetivo es diseñar tres tipos de mezclas de concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> con distintos porcentajes de incorporación del vidrio 1%, 3% y 5%, y nos servirá para el planteamiento del procedimiento para recolección de datos.

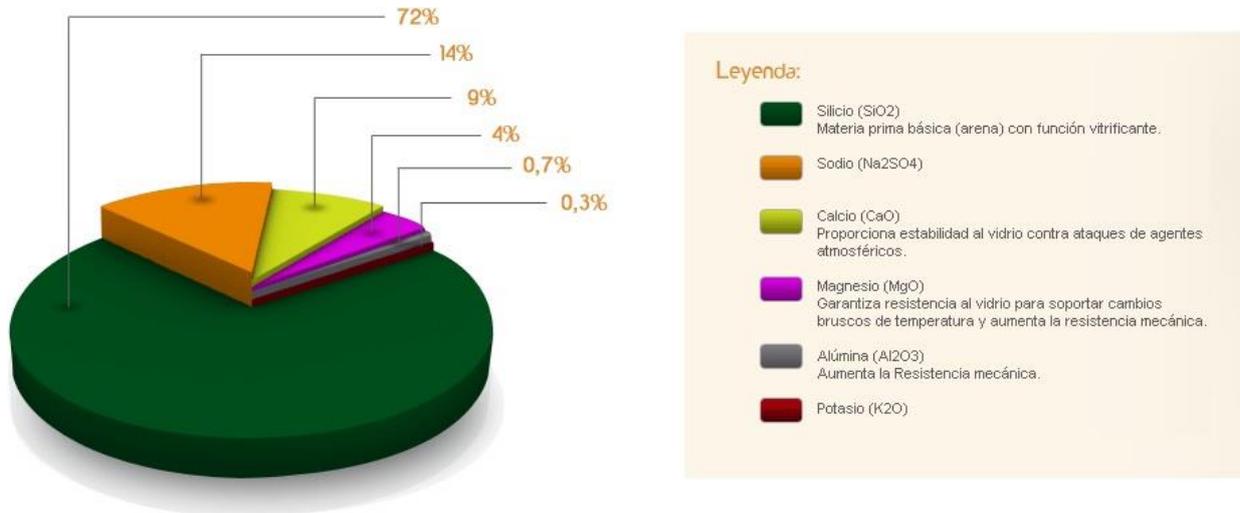
## 1.6. Bases teóricas.

### 1.6.1. El vidrio:

Del latín “VITREUM”, el vidrio es un material de gran dureza pero que, a la vez, resulta muy frágil; suele permitir el paso de la luz de estructura cristalina y es inorgánico. Para obtener vidrio, es necesario fusionar caliza (CaCO<sub>3</sub>), arena de sílice (SiO<sub>2</sub>) y carbonato de sodio (NaCO<sub>3</sub>) y moldear la mezcla a elevada temperatura a unos 1500 °C.

FIGURA 1.1

Componentes del Vidrio.



FUENTE: <https://www.google.com.pe/search?q=componentes+del+vidrio>.

TABLA 1.1

Porcentaje de composición del vidrio según el diseño requerido.

COMPONENTE	DESDE... %	... HASTA %
SiO <sub>2</sub>	68.00	74.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	4.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.45
CaO	9.00	14.00
MgO	0.00	4.00
Na <sub>2</sub> O	10.00	16.00
K <sub>2</sub> O	0.00	4.00
SO <sub>3</sub>	0.00	0.30

FUENTE: Elaboración propia.

### 1.6.2. Propiedades del vidrio.

#### Propiedades físicas. –

**Color:** Los llamados colores o colorantes que se usa en los vidrios es originado por los elementos que se agregan en el proceso de fusión.

**Textura:** Todo depende el proceso de fundido al que haya sido sometido, el vidrio puede variar en cuestiones de superficie y brillo. De acuerdo a las características

del vidrio cuando la superficie es lisa es mucho más fácil la limpieza, el vidrio fundido homogéneamente presenta un brillo, porque se nivela y aplana cuando se funde. Las características del vidrio cuando la superficie es rugosa y por lo tanto tiene un color mate, a la vez opaco por defecto a la aspereza, el vidrio cuando no es fundido completamente en el proceso de cocción por lo tanto es áspero.

**Peso:** Según su uso y composición el vidrio varía su peso de acuerdo a su trabajabilidad.

**Maleabilidad:** Los vidrios presentan maleabilidad cuando se encuentran en su etapa de fundición pues ser moldeados y es la etapa de maleabilidad del vidrio, pues es donde se usa los métodos de moldeo del vidrio como laminado, colado, prensado, soplado y laminado; para así obtener formas deseadas por moldes o cualquier otro método.

#### **Propiedades químicas.** –

**Viscosidad:** Podríamos definir la viscosidad como la resistencia que presenta un líquido a fluir; generalmente un material viscoso es aquel que es muy denso y pegajoso.

**Densidad:** Depende de factores como la temperatura, la presión a la que está sometida y a la composición que es relativamente alta ( $2.2 \text{ gr/cm}^3$ ) con un coeficiente de dilatación lineal medio a temperaturas inferiores a  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### **Propiedades mecánicas.** –

**Resistencia a compresión:** La rotura del vidrio a compresión es prácticamente imposible ya que su resistencia es muy elevada  $10,000.00 \text{ kg/cm}^2$ .

**Resistencia a tracción:** Sobre esta propiedad inciden posteriormente los tratamientos térmicos del vidrio.

**Resistencia a flexión:** Este caso tiene una cara sometida a tensiones de tracción

y la otra a tensiones de compresión. La menor resistencia a la rotura es de 100 a 500 kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.6.3. Características del vidrio.

**Color y aspecto:** Incoloro, color tenue, los impresos presentan gama de dibujos.

**Transparencia, translucidez y opacidad:** Los grados de transparencia tiene distintas etapas.

**Transmisión de luz visible:** La iluminación natural en el interior de una edificación. En vivienda se requiere un nivel más alto que en el comercial.

**Transmisión de calor solar radiante:** El coeficiente de sombra es la medida para evaluar la cantidad de energía solar admitida a través de la abertura de vidriada.

**Resistencia:** el vidrio es sometido a la presión atmosférica del viento, como principal agente. En el diseño se debe considerar la posibilidad de rotura y sus causas.

**Aislamiento térmico:** Aislamiento que ofrece el vidrio al paso del calor que fluye a través de su masa.

**Conductividad eléctrica:** Resistividad eléctrica del orden de 10 a 20 ohm/cm en condiciones normales, lo que lo convierte en unos de los mejores aislantes eléctricos conocidos.

**Comportamiento térmico:** Tiene un desequilibrio en las dilataciones debido a que es un mal conductor del calor y frío y se rompe cuando se calienta parcialmente.

**Fragilidad:** Es frágil y no tiene capacidad para deformarse elásticamente.

**Cumplimientos de criterio de seguridad:** En el caso de ruptura por impacto humano, no presenta potencial para causar heridas de consideración de 2 tipos de

vidrio de seguridad más empleados en la construcción de vidrios templados y laminados.

**Durabilidad química:** Es la capacidad de soportar al ponerlo en contacto con agentes atmosféricos.

**Estabilidad química:** Es propenso a altas temperaturas y al ácido hidrofúorhídrico a excepción de ellos soporta la mayoría de agentes químicos.

#### 1.6.4. Tipos de vidrio.

**Vidrios sódicos:** Es ligero con una tonalidad verde debido a las materias primas que contienen hierro, comúnmente su uso para la elaboración de frascos, vidrios, botellas y otros objetos varios.

**TABLA 1.2**

Composición del vidrio sódico.

SiO <sub>2</sub> .....	68-75%
K <sub>2</sub> O.....	11-18%
CaO.....	8-17%

FUENTE: <http://www.oni.escuelas.edu.pe>.

**Vidrios potásicos:** Se reemplaza, en el vidrio anterior, el sodio por el potasio. Su resistencia a los ácidos es superior, soportan mejor los cambios de altas temperaturas y son muy brillantes. Ejemplo; vidrios de ópticas, vidrios Bohemia, etc.

**TABLA 1.3**

Composición del vidrio potásico.

SiO <sub>2</sub> .....	75%
K <sub>2</sub> O.....	18%
CaO.....	17%

FUENTE: <http://www.oni.escuelas.edu.pe>.

**Vidrios plúmbicos:** Se reemplaza del anterior el calcio por el plomo. Sus

características sonoras, transparentes y refractan la luz. Su peso específico es muy elevado.

**TABLA 1.4**

Composición del vidrio plúmbico.

	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>PbO</b>
CRISTAL	53%	11%	335%
FLINT	20-54%	0-12%	80-34%
STRASS	40%	7%	52%

FUENTE: <http://www.oni.escuelas.edu.pe>.

**Vidrios dóricos:** Son vidrios en los que se ha reemplazado partes de sus componentes por anhídrido bórico, dando vidrios duros, resistentes al calor, para laboratorios por su bajo contenido de metales alcalino-térreos y su baja dilatación.

Vidrios clásicos de este tipo son Pixier y Jema.

**TABLA 1.5**

Composición del vidrio dórico.

	<b>SiO</b>	<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>As<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>ZnO</b>
<b>PIREX</b>	80.62	11.90	3.83	2.00	0.66	0.61	0.20	0.22	0.12	-
<b>JENA</b>	64.58	10.03	7.38	6.26	-	-	0.12	0.08	0.10	11.78

FUENTE: <http://www.oni.escuelas.edu.pe>.

### 1.6.5. El vidrio empleado en construcción:

#### 1.6.5.1. Vidrios primarios.

**Vidrio flotado:** Consiste de vidrio fundido sobre una capa de estaño, haciéndola flotar sobre el mismo material. Este método proporciona al vidrio un grosor uniforme y una superficie muy plana, por lo que es el vidrio más utilizado en la construcción, se denomina vidrios planos son los vidrios fabricados mediante el sistema de flotación.

**Vidrio alambrado:** Es el vidrio también llamado vidrio armado es aquel

vidrio que se obtiene por el proceso de colado y se le incrusta en su interior una malla metálica en forma retícula, de manera que, si se rompe los pedazos de vidrio quedan unidos a alambre evitando su caída y que esto puedan producir lesiones.

**Baldosa de vidrio:** También llamados bloques de vidrios se utilizan como ladrillos de cristal que son bloques que se utilizan para decoraciones interiores o exteriores como también hacen el efecto de un tragaluz y, son perfectos para separadores de ambientes dentro de un mismo espacio de una edificación.

#### 1.6.5.2. Vidrios secundarios.

**Vidrio laminado:** Consiste en la unión de varias láminas de vidrio de cualquier grosor, mediante una película intermedia realizada con “BUTIRAL DE POLIVINILO (PVB), ETIL-VIIL-ACETATO (EVA) Y CON RESINA SACTIVADAS” por luz ultravioleta o simplemente por la mezcla de sus ingredientes.

Esta lámina puede ser transparente o translúcida, de colores (los colores pueden aplicarse directamente sobre la astilla del vidrio si bien suele preferirse colorear la lámina de PVB o EVA o la resina). Queda adherida a ellas las astillas de vidrio, esta lámina le brinda una seguridad adicional. Los parabrisas o los vidrios antirrobo y antibalas pertenecen a este tipo de vidrio.

**Vidrio templado:** A comparación de un vidrio normal este tipo de vidrio da mayor confianza, elaborado por procesos químicos y/o térmicos. Se obtiene este tipo de vidrio poniendo en tensión la superficie interna y a

compresión la superficie externa. Tales tensiones hacen que el vidrio, cuando se rompe, se desmenuce en trozos pequeños granulares en lugar de astillas en grandes fragmentos dentados. Los trozos granulares tienen menos probabilidades de causar lesiones.

#### **1.6.5.3. El vidrio reciclado de residuos de la construcción:**

El vidrio como material reciclado es triturado y molido para su uso en los proyectos de edificación está ganando popularidad. Mies de tonelada de vidrios reciclados de construcción, botellas, frascos entre otros cada día se recoge en los vertederos. De esta manera ayudamos a la protección del medio ambiente y costo en la construcción, y así de esta manera reciclamos y ayudamos a reducir la contaminación por desechos de construcción.

#### **1.6.5.4. El vidrio reciclado empleado en los proyectos de construcción:**

**Sustituye vidrio molido por arena en la voladura de piezas de vehículos:** El acero inoxidable, madera, fibra de vidrio y plásticos. Para eliminar oxido y otros contaminantes se usa el método de chorro de arena para la limpieza.

**La sustitución de la arena por un vidrio:** Es funcionalmente picado y funciona igual de bien, y el vidrio al ser más suave que las partículas de arena, así que hay menos riesgo que de dañar los elementos que estas limpiando.

**Mezcla vidrio triturado con asfalto:** Produce superficies de vías de alta duración, el vidrio triturado añade fuerza a la mezcla del asfalto y reduce los costos de construcción de vías.

---

**Filtra agua de desperdicio a través de vidrio molido en lugar de tierra**

**granulada para mejorar el proceso de filtrado:** El vidrio molido permite que el agua pase mientras atrapa contaminantes sólidos. Para este propósito es un buen agente de filtrado.

**Agrega vidrio molido al concreto como reemplazo de la arena o de**

**grava pequeña:** El vidrio molido es más ligero que la arena o la grava, así que el concreto pesa menos por pie cuadrado sin perder su fuerza. Con esto evitamos arruinar la naturaleza buscando canteras de arena y grava.

**Llena el exterior de las tuberías de las alcantarillas, de agua u otras**

**con vidrio molido:** El vidrio llena los espacios alrededor de los tubos brindándoles soporte y protegiéndolos del daño y su compactación es menos densa que la tierra o arena.

**Usa vidrio triturado como una base para la construcción de vías:** El

vidrio se compacta tan bien como la arena y forma una fuerte base para la vía.

**1.6.5.5. El concreto:**

El concreto es una mezcla de agregados, cemento y agua que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistentes para hacer bases y paredes.

El material de construcción más utilizado del mundo es sin duda el concreto, su composición en la medida y para el uso adecuado es el más sólido, es el que se usa porque cuando está seco y sólido proporciona una firmeza a la edificación no permitiendo ningún tipo de flexibilidad.

**TABLA 1.6**

## Definición del concreto.

CONCRETO	=	Rellenador	+	Ligante
CONCRETO DE CEMENTO PORTALND	=	Agregado (fino + grueso)	+	Pasta de cemento
MORTERO	=	Agregado Fino	+	Pasta
PASTA	=	Cemento	+	Agua

FUENTE: <http://biblioteca.udep.edu.pe>.**Concreto simple.**

Es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua, el cual no contiene ningún tipo de refuerzo o posee elementos menores a los especificados para el concreto reforzado, las características que deben tener son resistencia a compresión, resistente al fuego y moldeabilidad.

Este concreto como material estructural se limita porque sin refuerzos es resistente a compresión, pero débil a la flexión para resistir tensiones. Se emplea refuerzo de acero, generalmente en forma de barras colocadas en zonas donde se prevé que se desarrollan tensiones bajo la acción de servicio.

**FIGURA 1.2**

Mezcla del concreto.



FUENTE: [www.arqhys.com/construccion/Mezclado-del-concreto.jpg](http://www.arqhys.com/construccion/Mezclado-del-concreto.jpg).

#### **1.6.5.6. Cemento portland:**

El término cemento hace referencia a una mezcla compuesta de diferentes sustancias calcáreas y arcilla. Esta mezcla se cuece y luego se muele: cuando se le añade agua y se produce su solidificación, se endurece.

Mediante proceso químico permite unir materiales a este conglomerante y otorgarles una mejor cohesión. Si se le agrega arena y grava, se obtiene una mezcla llamada concreto u hormigón, muy utilizada en el ámbito de la construcción.

La industria de cemento en el Perú produce los tipos y clases de cemento que son requeridos en el mercado nacional, según las características de los diferentes procesos, para una infraestructura acorde al desarrollo de vida poblacional y así mejorar la calidad de vida.

**1.6.5.7. Tipos de cemento:****TABLA 1.7**

Tipos de cemento.

TIPO DE CEMENTO	DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN
I	Cemento Portland	CEM I
II	Cemento Portland con adiciones	CEM II
III	Cemento Portland con escorias de horno alto	CEM III
IV	Cemento Puzolánico	CEM IV
V	Cemento Compuesto	CEM V

FUENTE: Elaboración propia.

**Tipo I.**

Denominado también cemento normal es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de otro tipo. (Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales). Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.

**Tipo II.**

Es de moderada resistencia a los sulfatos, es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado. (Puentes, tuberías de concreto.)

**Tipo III.**

Alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días del vaciado.

**Tipo IV.**

Se requiere bajo calor de hidratación en que no deben producirse

dilataciones durante el fraguado.

### **Tipo V.**

Usando donde se requiera una elevada resistencia a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias).

### **Cemento Portland adicionados (NTP 334.044).**

Contienen además de Clinker, Portland y yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que se constituyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ejemplo: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfatos de calcio, incorporadores de aire). El porcentaje adicionado de puzolana se encuentra entre 15% y 40%.

### **FIGURA 1.3**

Cemento Rumi IP.



FUENTE: <http://www.yura.com.pe>.

#### **1.6.5.8. Los agregados:**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos.

Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla N° 16 y pueden variar hasta 152mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19mm o el de 25mm.

#### 1.6.5.9. Caracterización de los agregados:

**Tamaño máximo:** Corresponde al menor matiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

**Tamaño nominal máximo:** Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

**Módulo de fineza:** Criterio establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizado a la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulados retenidos}(1 \frac{1}{2}'' , 3/4'' , 3/8'' , N^{\circ}4 , N^{\circ}8 , N^{\circ}16 , N^{\circ}30 , N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

#### 1.6.5.10. Clasificación de los agregados.

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

**Por su origen:**

**Naturales:** Son los que se encuentran de esta forma en la naturaleza y son recogidos directamente en el lugar de su yacimiento. Son los obtenidos sin transformación previa. Son unos de los áridos más utilizados, su calidad, así como su granulometría, pueden ser muy variables, lo que obliga a veces a realizar con ellos algún proceso de lavado, para eliminar excesos

de finos, y clasificar por tamaños para obtener el árido con el tamaño y características a cada paso.

**Artificiales:** Son aquellos que necesitan algún proceso artificial para transformarlos en árido. A su vez podemos distinguir entre ellos los de machaqueo, que son obtenidos por trituración de roca (granitos, calizos, basálticos, etc.); y, de transformación termina, que a su vez pueden ser: los obtenidos sometiendo a un árido a cocción (arcillas expandidas), y los resultantes como subproductos de procesos industriales (escorias de alto horno).

**Por su naturaleza:**

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente se pueden clasificar en: agregado fino, agregado grueso y hormigón.

**Agregado fino:** Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la designación de las rocas.

**Agregado grueso:** Es aquel que queda retenido en el tamiz N° 4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

**El hormigón:** Es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

**Por su yacimiento:**

Pueden encontrarse en lugares diversos y atendiendo a ello se pueden clasificar según su yacimiento o lugar de procedencia.

**De río:** Son los que se encuentran en los cursos de los ríos actuales.

**De playa o de mar:** Son los recogidos en zonas costeras. La composición, y por tanto su calidad, es muy variable, dependiendo del tipo de roca de la zona.

**De mina:** Se denomina así a los áridos de aluvión, que se encuentran en los depósitos sedimentarios de valles y antiguas cuencas fluviales. Se presentan forma de estratos o lentejones.

**Por su tamaño:**

Para definir el tamaño de una partícula o grano se utilizan una serie de tamices, haciendo pasar la muestra del árido por ellas, teniendo:

**Arena fina:** Árido o fracción del mismo, que pasa por un tamiz N° 4.

**Arena gruesa:** Es aquel que resulta retenido por dicho tamiz.

**Árido total:** Aquel que de por sí o por su mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario para cada caso partículas que se considere.

#### FIGURA 1.4

Agregados, hormigón, piedra chancada de  $\frac{3}{4}$ " ,  $\frac{1}{2}$ " y agregado fino.



FUENTE: Elaboración propia.

### 1.6.5.11. Propiedades físicas de los agregados.

#### Densidad o peso específico.

La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

$$Pe = \frac{B}{Wc + B - W}$$

Donde:

- A : Peso de muestra secada al horno.
- B : Peso de muestra saturada seca (SSS).
- Wc : Peso de picnómetro con agua.
- W : Peso del pic. + muestra + agua.

#### Absorción.

La capacidad de absorción está definida por la porosidad que tienen las partículas del agregado, por su tamaño, por su continuidad y su volumen total. Estos estados dependen del grado de absorción de las partículas, y se puede calcular con la diferencia de pesos. El procedimiento para su determinación se encuentra en la norma ASTM C-128.

$$\% \text{ absorción} = \frac{\text{Masa SSS} - \text{Masa seca}}{\text{Masa seca}} \times 100 \quad Abs = \frac{(B - A) \times 100}{A} =$$

Donde:

- A : Peso de muestra secada al horno.
- B : Peso de muestra saturada seca (SSS).
- Wc : Peso del picnómetro con agua.
- W : Peso del pic. + muestra + agua.

#### Peso unitario.

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la

forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra en la norma ASTM C-29 y NTP 400.017.

Peso del agregado (PA).

$$PA = PT - PM$$

Peso unitario del agregado (PU).

$$PU = PA/VM$$

Donde:

PM : Peso de molde.  
VM : Volumen de molde.  
PT : Peso de (molde + agregado).

#### **Contenido de humedad.**

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad d agua necesaria en la mezcla.

$$P = [(W - D)/D] * 100$$

Donde:

P : Es el contenido (%).  
W : Es la masa inicial de la muestra (gr).  
D : Es la masa de la muestra seca (gr).

#### **1.6.5.12. Propiedades mecánicas de los agregados.**

##### **Resistencia.**

La resistencia de los agregados depende de su composición, textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles.

##### **Tenacidad.**

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material.

Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

### **Dureza.**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes. Entre las rocas a emplear en concretos estas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico las rocas silicosas.

#### **1.6.5.13. Granulometría del agregado.**

Los agregados finos y gruesos según la norma ASTM C-33 y NTP 400.037 deberán cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

**Para agregado fino:** Deberían estar graduados dentro los límites establecidos en la norma ASTM C-33, los cuales están indicados en la siguiente tabla.

**TABLA 1.8**

Granulometría para el agregado fino.

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100
4.75 mm (N° 8)	89 – 100	95 – 100	85 – 100	89 – 100
2.38 mm (N° 8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.20 mm (N° 16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
0.60 mm (N° 30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
0.30 mm (N° 50)	55 – 70	100 – 30	55 – 48	55 – 70
0.15 mm (N° 100)	00 – 12	222 – 12	00 – 12	00 – 12

FUENTE: Según Norma ASTM C-33 y NTP 400.037.

**Para agregado grueso:** Deberían estar graduados dentro los límites

establecidos en la norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C-33,

los cuales están indicados en la siguiente tabla.

**TABLA 1.9**

Granulometría para el agregado grueso.

Tamaño nominal	Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), 0/0 en peso												
	4"	3 ½"	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/2"	Nº	Nº 8	Nº 16
	100	90	75	63	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.74	2.36	1.18
	mm	Mm	mm	Mm	mm	Mm	Mm	Mm	mm	Mm	mm	mm	mm
3 ½" a 1 ½"	100	100	-	15 – 60	-	0 – 15	-	0 – 5	-	-	-	-	-
2 ½" a 1 ½"	-	-	100	90 – 100	35 – 70	0 – 15	-	0 – 5	-	-	-	-	-
2" a Nº 4	-	-	-	100	95 – 100	-	35 – 70	-	10 – 301	-	0 – 5	-	-
1 ½" Nº 4	-	-	-	-	100	95 – 100	-	35 – 70	-	10 – 301	0 – 5	-	-
1" a 3/2"	-	-	-	-	-	100	90 – 100	40 – 85	10 – 401	0 – 15	0 – 5	-	-
1" a Nº 4	-	-	-	-	-	100	90 – 100	-	25 – 60	-	0 – 10	0 – 5	-
¾" a Nº 4	-	-	-	-	-	-	100	90 – 100	-	20 – 55	0 – 10	0 – 5	-
2" a 1"	-	-	-	100	90 – 100	35 – 70	0 – 15	-	0 – 5	-	-	-	-
1 ½" a ¾"	-	-	-	-	100	90 – 100	20 – 55	0 – 15	-	0 – 5	-	-	-
1" a ½"	-	-	-	-	-	100	90 – 100	20 – 55	0 – 1	0 – 5	-	-	-
¾" a ¾"	-	-	-	-	-	-	100	90 – 100	20 – 55	0 – 15	0 – 5	-	-
1 ½" a Nº 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 – 100	40 – 70	0 – 15	0 – 5	-
¾" a Nº 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 – 100	10 – 301	0 – 10	0 – 5

FUENTE: Según Norma ASTM C-33 y NTP 400.037.

#### 1.6.5.14. El agua:

Del latín “aqua”, el agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrogeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color), aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor).

El agua es un componente que aparece con mayor abundancia en la superficie terrestre (cubre cerca del 71% de la corteza terrestre). Forma los océanos, los ríos y las lluvias, además de ser parte constituyente de todos los organismos vivos. La circulación del agua en los ecosistemas se produce a través de un ciclo que consiste en evaporación o transpiración, la precipitación y el desplazamiento hacia el mar.

#### 1.6.5.15. Clasificación de tipos de agua.

**Agua potable:** Agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

**Agua salada:** Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10,000 mg/l).

**Agua salobre:** Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina. La concentración del total de sales disueltas está generalmente comprendida entre 1,000 – 10,000 mg/l. Este tipo de agua no está contenida entre las categorías de agua salada y agua dulce.

**Agua dulce:** Agua natural con una baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.

**Aguas residuales:** Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

**Aguas negras:** Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de

residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que pueden estar presentes.

**Aguas residuales municipales:** Residuos líquidos, originados por una comunidad, formadas posiblemente aguas residuales domesticas o descargas industriales.

**Aguas subterráneas:** Agua que puede ser encontrada en la zona del suelo, zona que consiste principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

#### 1.6.5.16. Agua para el concreto:

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

- La formación de gel.
- En estado fresco, faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.
- En estado endurecido; la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

---

### **Aguas prohibidas para el concreto.**

Está prohibido emplear en la preparación del concreto:

- Aguas ácidas en general, el agua de mezclado que contiene ácidos clorhídricos, sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes no tiene un efecto adverso en la resistencia.
- Aguas calcáreas; minerales, carbonatadas o naturales.
- Aguas provenientes de minas o relaves.
- Aguas que contengan residuos industriales.
- Aguas con un contenido de cloruro de sodio mayor del 3%; o un contenido de sulfato mayor del 1%.
- Aguas que contengan algas; materia orgánica, humus, partículas de carbón, turba, azufre o descargas de desagües.
- Aguas que contengan ácido húmico u otros orgánicos.
- Aguas que contengan azúcares o sus derivados.
- Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en general en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali-agregado.

#### **1.6.5.17. Método de diseño de mezcla:**

El diseño de mezclas de concreto es un proceso que consiste en la selección de ingredientes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir concreto con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiere las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia.

En oportunidades no es necesario tener exactitud en cuanto las propiedades de los componentes del concreto en estas situaciones se frecuentan el uso de reglas generales lo que permite establecer la dosis correcta a través de un diseño de mezcla apropiado para estos casos.

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener exudación mínima.
- La mezcla endurecida deberá tener las propiedades específicas en función del uso que se va a dar a la estructura.
- El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser mínimo compatible con la calidad deseada.

#### **1.6.5.18. Proporcionamiento de mezclas de concreto en peso normal.**

El proporcionamiento de mezclas de concreto, comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí.

Determinación de sus cantidades relativas para producir un concreto de trabajabilidad, resistente a compresión y durabilidad apropiada. Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto.

#### **1.6.5.19. Información requerida para el diseño de mezclas.**

- Análisis granulométrico de los agregados.

- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico de los agregados (fino y grueso).
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Perfil y textura de los agregados.
- Tipo y marca de cemento.
- Peso específico del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la relación a/c, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

#### 1.6.5.20. Elección de la resistencia promedio requerida ( $f'c$ )

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1/100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia específica  $f'c$ . La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 35.2 kg/cm por debajo de la resistencia específica  $f'c$ .

a) Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el método (1) o el método (2), la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las fórmulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \dots \dots \dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

s : Desviación estándar, en g/cm<sup>2</sup>.

b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la siguiente tabla para la determinación de la resistencia promedio requerida.

**TABLA 1.10**

Resistencia promedio.

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre los 350	$f'cr + 98$

FUENTE: <http://itacanet.org/esp/construccion/concreto/diseño>.

#### 1.6.5.21. Propiedades físicas del concreto:

Es el principio del concreto que parece una masa, es blando y puede ser trabajado moldeado en diferentes formas. Y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesión.

**Trabajabilidad:** La trabajabilidad del concreto de acuerdo con el comité ACI 116 puede definirse como la propiedad que determina al esfuerzo requerido para manipular una cantidad de mezcla de concreto fresco. En esta definición el termino significa incluir todos los funcionamientos involucrados para manejabilidad del concreto fresco llamándolos transportación, colocación, compactación y acabado. En otras palabras, la trabajabilidad es la propiedad de hacer que el concreto fresco sea fácil de manejar y contrae, sin un riesgo apreciable de segregación.

**Consistencia:** Es la capacidad del concreto recién mezclado para influir.

En gran parte también determina la facilidad con que el concreto puede componerse, la consistencia puede compactarse. La consistencia del concreto se puede medir por medio de una prueba de revenimiento.

**TABLA 1.11**

Consistencia de los hormigones en estado fresco.

SECA	0-2
PLASTICA	3-5
BLANDA	6-9
FLUIDA	10-15

FUENTE: Elaboración propia.

**Docilidad:** Se entiende como la facilidad con que una mezcla de agregados, cemento y agua, se transforma en hormigón, y la facilidad de ser manejado, transportado, colocado y compactado en los moldes o encofrados con la misma pérdida de homogeneidad.

La docilidad depende, de los siguientes factores:

- Cantidad de agua en la mezcla.
- Granulometría de los agregados.
- Forma y tamaño del molde.
- Medios de compactación disponibles.

**Homogeneidad:** Es la cualidad que tiene un hormigón para que los componentes del hormigón se encuentren mezclados perfectamente y se distribuyan de forma regular en la masa previa en el diseño de mezcla.

La homogeneidad se consigue con un buen amasado y, para mantenerse, requiere un transporte cuidadoso y una colocación adecuada.

**Sangrado:** Es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto en estado fresco, provocada por el asentamiento de los materiales

sólidos: este asentamiento es consecuente de efecto combinado de la vibración durante la compactación y la gravedad.

**Cohesión:** Propiedad del concreto que describe la facilidad o dificultad que tiene la pasta de cemento y la mezcla con los agregados, de atraerse para mantenerse como suspensión en el concreto, evitando así la disgregación de los materiales.

**Fraguado:** Es el endurecimiento prematuro como se le llama, a veces un endurecimiento que en raras ocasiones se presenta entre 1 y 5 minutos después del mezclado. Este problema puede modificarse o eliminar mediante el mezclado continuo o por el mezclado de la pasta del cemento o del concreto, con lo cual desaparece el endurecimiento sin pérdida de calidad.

**Tiempo de fraguado:** Cuando el cemento y el agua entra en contacto. Y se inicia una relación química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final.

**Exudación:** Se define como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación del sólido. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado se consolida en los encofrados y continua hasta que se inicia el

fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas.

**Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio.

#### 1.6.5.22. Propiedades mecánicas del concreto:

##### **Resistencia a compresión.**

La resistencia más importante del concreto es su resistencia a la compresión, puesto que se utiliza para realizar los cálculos estructurales de puente, edificios y demás estructuras. La resistencia a la compresión se puede definir como la resistencia máxima medida en un cilindro de concreto sometido a carga axial.

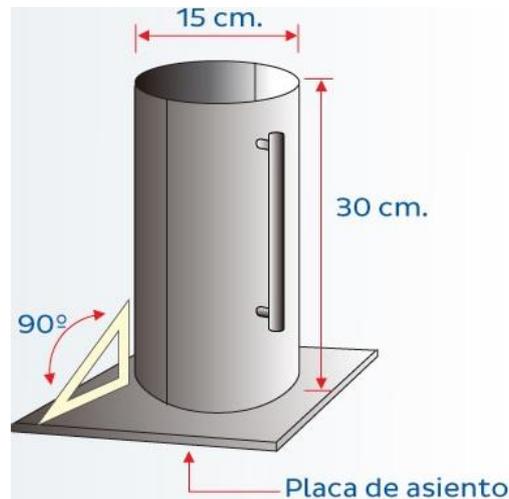
Para determinar estas resistencias se deben realizar pruebas en especímenes de concreto luego de 7, 14 y 28 días de fraguado bajo condiciones controladas de humedad. Generalmente, esta se expresa en Mpa,  $\text{kg/cm}^2$  y mediante el símbolo  $f'c$ .

##### **Dimensión de probeta.**

Las probetas cilíndricas para las pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12" (150 x 300mm), cuando así se especifique. El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.

**FIGURA 1.5**

Expresión de probeta.



FUENTE: [http://.www.construyendo seguro.com](http://www.construyendo seguro.com).

### **Cálculo y expresión de resultado.**

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula de la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{P}{A}$$

Donde:

- R<sub>c</sub> : Es la resistencia de rotura a la compresión, en (kg/cm<sup>2</sup>).
- P : Carga axial aplicada al cilindro (kg).
- A : Área del cilindro (cm<sup>2</sup>).
- D : Diámetro promedio de la probeta cilíndrica (cm)

**FIGURA 1.6**

Cilindros de concreto para el Ensayo a Compresión.

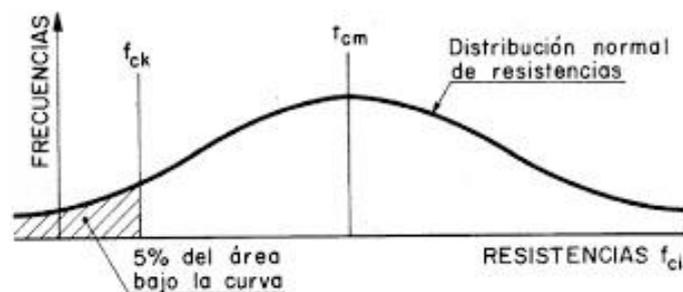


FUENTE: Temas de hormigón armado Marcelo Romo.

La resistencia a la compresión de un hormigón, utilizada en el diseño estructural,  $f_c$  se mide en términos probabilísticos, definiéndose de esta manera que solamente un pequeño porcentaje de las muestras (5%), pueden tener resistencias inferiores a las especificadas, lo que da lugar a la resistencia media de la muestra que siempre sea mayor que la resistencia característica.

**FIGURA 1.7**

Curva de distribución de la resistencia de los hormigones.



FUENTE: Temas de hormigón armado Marcelo Romo.

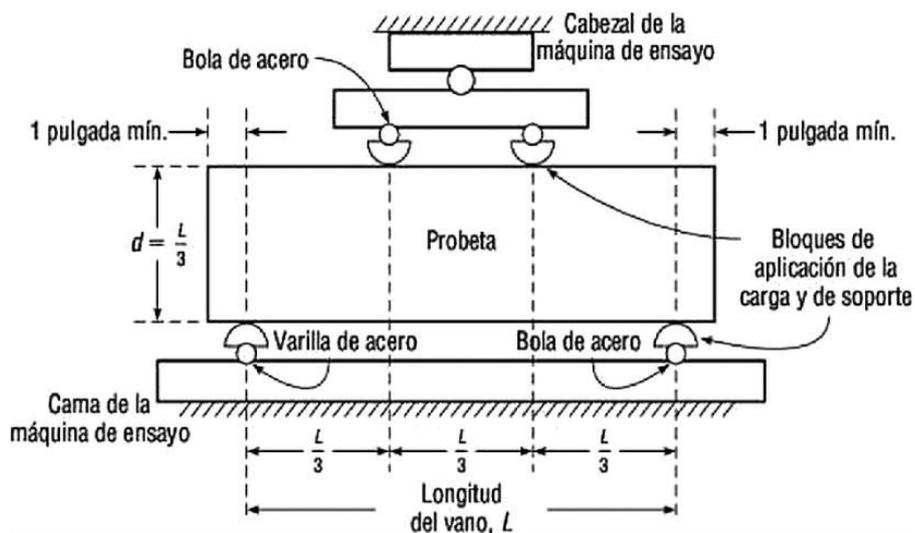
### 1.6.5.23. Resistencia a flexión.

La resistencia a la flexión se expresa como módulo de rotura ( $M_r$ ) es una de las resistencias del concreto que la medida de resistencia a la falla por momentos de una viga o losa de concreto.

Esta resistencia a la flexión presenta una resistencia a la tracción baja por el orden del 10% al 20% de la  $f'_c$  la determinación de la resistencia a la tracción pura del concreto es muy difícil de llevar a cabo debido a los esfuerzos que suelen introducirse longitudinalmente en los ensayos.

**FIGURA 1.8**

Ensayo de flexión con carga en los tercios.



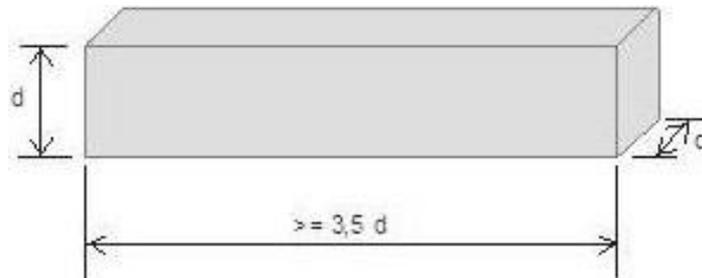
FUENTE: Facultad de Ingeniería.

#### Dimensión de probeta.

La probeta es rectangular para la prueba de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 6" (150 x 150mm) de sección transversal y con una luz de tres veces el espesor, como la longitud del espécimen debe ser la distancia mínima de 50mm, normalmente la longitud es menor de 3.5d, como se aprecia en la imagen.

**FIGURA 1.9**

Dimensión de espécimen de viga.



FUENTE: <http://www.construmatica.com>.

### Cálculo y expresión de resultados.

Si la falla ocurre en el promedio de los puntos tercios medio y una distancia de este, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{P L}{b h^2}$$

Donde:

- Mr : Es el módulo de rotura.
- P : Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.
- L : Es la luz libre entre apoyos, en centímetros.
- B : Es el ancho promedio de la probeta en la sección de falla (cm).
- h : Es la altura promedio de la probeta en la sección de falla (cm).

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Mr = \frac{3 P a}{b h^2}$$

Donde:

- a : Es la distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga.

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este mayor

del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo.

El diseño de la resistencia a la flexión sirve para los diseñadores de pavimentos, por lo tanto, puede ser requerido que el diseño de la mezcla en el laboratorio, basado en los ensayos de resistencia se utiliza el módulo de rotura para el control del capo y de aceptación de los pavimentos.

#### 1.6.5.24. Módulo de elasticidad.

El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro mecánico importante, que refleja la capacidad del concreto para deformarse elásticamente y se define como la relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente a los esfuerzos de tensión y compresión.

La pendiente de la curva en el rango de comportamiento lineal recibe la denominación de “módulo de elasticidad” del material o “módulo de Young”, que se simboliza  $E_c$ .

#### Cálculo y expresión de resultado.

Se obtiene la gráfica carga deformación el valor del módulo de elasticidad puede ser obtenido a través de la pendiente obtenida en la gráfica, siendo calculado como el incremento de carga entre el incremento de deformación correspondiente entre dos puntos sobre la línea o pendiente de la gráfica y emplear la siguiente ecuación.

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{E_2 - 0.00005}$$

Donde:

- $E_c$  : Módulo de elasticidad secante, en Mpa.
- $S_2$  : Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga ultima.
- $S_1$  : Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal  $E_1$ ,

Mpa.

E2 : Deformación longitudinal producida por el esfuerzo  $S_2$ .

En general, los módulos de elasticidad se determinan a partir de pruebas de cilindros de hormigón ensayados a la compresión. Los diferentes valores que pueden determinarse a partir de una prueba que incluyen el módulo tangente inicial, módulo secante y módulo cuerdo.

**Los factores que afectan el módulo de elasticidad del concreto son.**

- El mayor contenido de humedad lleva un mayor módulo de elasticidad debido al tiempo del secado que se produce una microfisuración debido a la capacidad portante del agua contenida.
- La velocidad de la aplicación de la carga afecta el valor del módulo de elasticidad. Entre menos sea la velocidad de aplicación se obtendrá un menor valor.
- La calidad de la interfase afecta el valor del módulo de elasticidad obtenido en los ensayos. Para un mayor contenido de vacíos, microfisuras y cristales de hidróxido de calcio orientados en la interfase, menor será el valor del módulo de elasticidad obtenido.
- Cuando mayor sea el módulo de elasticidad del agregado y su contenido en el concreto, mayor será el valor del módulo de elasticidad obtenido.

#### **1.6.5.25. Factores que afectan a la resistencia.**

**La relación agua cemento (a/c).**

Es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. A relación a/c, afectan la resistencia a la compresión de los concreto con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c.

---

### **El contenido de cemento.**

Normalmente afecta la velocidad con la cual se logra el  $f'c$  de acuerdo a esta. La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento.

### **Aire incorporado.**

El aire incorporado (aire incluido o incorporado) en la mezcla a través de aditivos, tiende a reducir la resistencia en compresión.

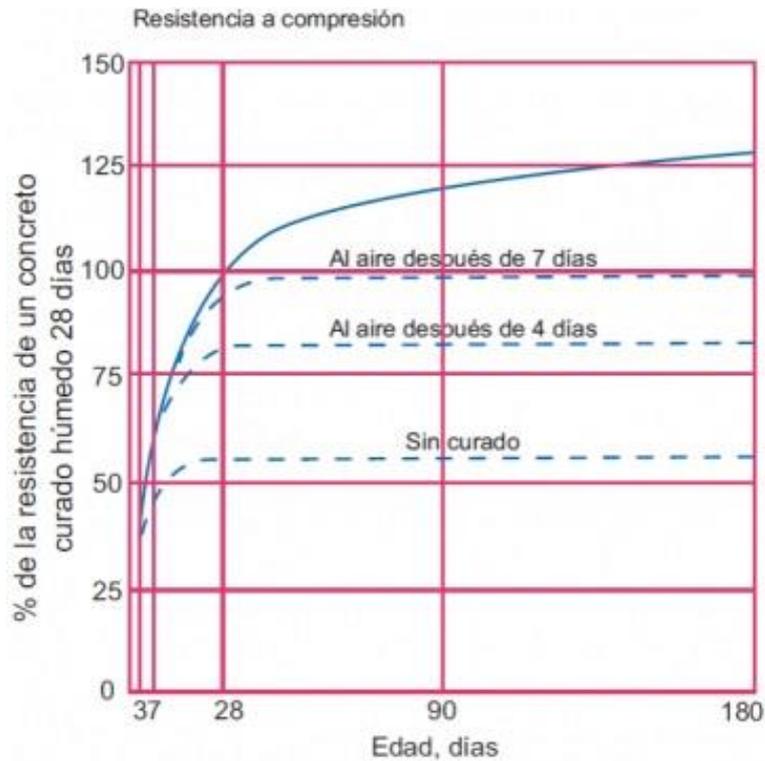
El aire que queda atrapado (aire atrapado) por una consolidación no adecuada del concreto dentro de los encontrados, tiende a reducir la resistencia.

### **Las condiciones de curado.**

Dado que las reacciones de hidratación del cemento solo ocurren en presencia de una cantidad. Adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementar su resistencia con el tiempo.

**FIGURA 1.10**

Influencia de las condiciones de curado en la resistencia.



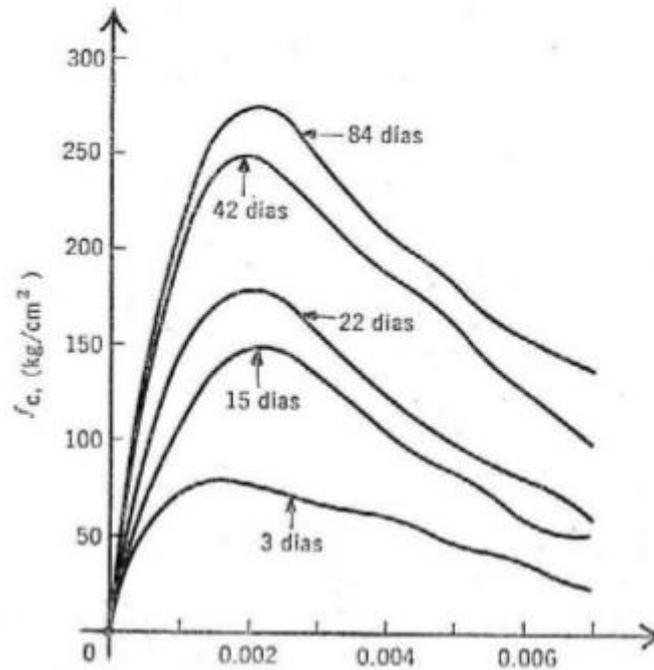
FUENTE: <http://www.yura.com.pe>.

### Edad del concreto.

Con el tipo I la resistencia a los 7 días es aproximadamente el 65% a 70% de la resistencia a los 28 días.

**FIGURA 1.11**

Efecto de la edad y del curado de la resistencia.



FUENTE: <http://es.slideshare.net>.

## 1.7. Definición de términos básicos.

1.7.1. **Vidrio reciclado:** Es el proceso mediante el cual se convierten desechos de vidrio en materiales que servirán para la creación de nuevos productos.

1.7.2. **Vidrio como sustitución al agregado fino:** El vidrio pasa por diferentes procesos para que esta ingrese como sustitución al agregado fino, para que no se dé una buena adherencia con el cemento y obtendremos resistencias moderadas y alternativas para un diseño nuevo, sustituyendo en la investigación en porcentajes de 0%, 30%, 60% y 100% al agregado fino.

1.7.3. **Cemento portland:** Es un aglomerante que está formado por piedra caliza y arcilla calcinada, una vez juntas se llaman Clinker que tienen la propiedad de endurecerse cuando esta hace contacto con el agua.

1.7.4. **Propiedades físicas:** Son las características visibles y propias de una sustancia

---

que pueden ser medidas y no producen nuevas sustancias químicas.

- 1.7.5. **Trabajabilidad:** Se entiende como el esfuerzo requerido para transportar, colocar, compactar y darle acabado al concreto en estado fresco.
- 1.7.6. **Consistencia:** Se considera como una cualidad o propiedad que disponen las cosas materiales o inmateriales también, y que las hace resistentes, solidas, espesas, certeras, confiables y perdurables en el tiempo.
- 1.7.7. **Docilidad:** Es la facilidad de mezclar los agregados, cemento y agua.
- 1.7.8. **Homogeneidad:** Composición y la estructura de una sustancia o una mezcla.
- 1.7.9. **Cohesión:** Es la acción y efecto de adherirse las cosas entre sí, bien sea materiales o inmateriales.
- 1.7.10. **Fraguado:** Es el proceso de endurecimiento y perdida de plasticidad del hormigón, producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos procedentes de la reacción química del agua.
- 1.7.11. **Durabilidad:** Hace referencia a la condición de duradero o durable.
- 1.7.12. **Propiedades mecánicas:** Son las que describen el comportamiento de un material ante las fuerzas aplicadas sobre él.
- 1.7.13. **Resistencia a compresión del concreto:** Sus resultados son importantes para realizar cálculos estructurales, es la resistencia máxima que se pueda obtener mediante una probeta cilíndrica de concreto sometidos a cargas axiales dando un resultado en  $\text{kg/cm}^2$  o Mpa representado con un símbolo ( $f^c$ ).
- 1.7.14. **Resistencia a flexión del concreto:** Es la medida de resistencia de concreto por momentos de una viga por carga en los tercios o medios de acuerdo a los momentos que desee calcular, representado un espécimen de viga dando resultados en  $\text{kg/cm}^2$  con un símbolo ( $M_r$ ) siendo denominado este ensayo como módulo de rotura.

1.7.15. **Módulo de elasticidad del concreto:** Determina la capacidad del concreto en deformarse elásticamente de una probeta cilíndrica sometándose a una compresión creciente hasta que esta llega a fallar, siendo registrado la deformación unitaria con el dial en cada nivel de esfuerzo pudiendo gráficas la relación de los parámetros de esfuerzo y deformación.

1.7.16. **Concreto hidráulico:** Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía.

1.7.17. **Propiedades de concreto hidráulico:** La trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad.

## 1.8. **Formulación de hipótesis.**

### **Hipótesis general.**

Si en la elaboración de concreto se sustituye un porcentaje óptimo de agregados naturales por agregados de vidrio reciclado, entonces el comportamiento de este concreto tendrá propiedades similares a las de un concreto convencional y este nuevo diseño de concreto con ACR será una herramienta sostenible para optimizar el uso de los materiales de construcción y así reducir los niveles de emisiones de gases contaminantes que se generan en la industria de la construcción y la excesiva demanda de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Puno.

El procedimiento de investigación es de tipo aplicada, busca conocer, actuar, construir y demoler y/o modificar, se basa en la aplicación para determinar las propiedades físicas y mecánicas adecuadas para producir concretos hidráulicos.



## **2. MATERIAL Y METODOS.**

### **2.1. Material.**

#### **a) Materiales.**

- Carretilla.
- Pala.
- Bandejas metálicas.
- Balanza electrónica.
- Agregado fino.
- Agregado grueso.
- Cemento.
- Agua.
- Vidrio molido granulado.
- Herramientas manuales.

#### **b) Humanos.**

- Investigador.
- Asesor de la investigación.
- Jefe de Laboratorio.

#### **c) Servicios.**

- Internet.
- Camioneta.
- Piscina de curado.
- Prensa hidráulica.
- Equipo de rotula de acero para la estabilidad.
- Compresómetro.

### **2.2. Material de estudio.**

### 2.2.1. Población.

**ARIAS (1999).** Señala que “la población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”.

Para el desarrollo de esta investigación, se necesita realizar un estudio del comportamiento y propiedades del concreto estructural con agregado de vidrio reciclado y compararlos frente a concretos convencionales para determinar su viabilidad en la construcción. Por consiguiente, la población de la presente investigación será integrada por el distrito de Puno, departamento de Puno.

### 2.2.2. Muestra.

Para la elaboración de las probetas cilíndricas de concreto se utilizaron moldes cilíndricos de lámina rígida, con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto.

**TABLA 2.1**

Detalle de cantidad de probetas cilíndricas utilizadas.

Ensayo / Prueba	Edad	% vidrio reciclado			
		0%	30%	60%	100%
Resistencia a compresión	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3

FUENTE: Elaboración propia.

Para la elaboración de las vigas rectangulares de concreto se utilizaron moldes rectangulares de lámina rígida, con dimensiones de 15 x 15 x 51 cm.

**TABLA 2.2**

Detalle de cantidad de probetas rectangulares utilizadas.

Ensayo / Prueba	Edad	% vidrio reciclado			
		0%	30%	60%	100%
Resistencia a flexión	7	4	4	4	4
	14	4	4	4	4
	28	4	4	4	4

FUENTE: Elaboración propia.

### 2.3. Técnicas, procedimiento e instrumentos.

#### 2.3.1. Para recolectar datos.

En la investigación se consideró la siguiente técnica y los siguientes instrumentos para la toma y ejecución del muestreo experimental:

**Técnica:** Al ser una investigación de estrategia EXPERIMENTAL se tuvo como técnica la observación y el contacto con las muestras observadas.

**Instrumentos:** Estos fueron los aparatos de medición para establecer los cambios del concreto en estado endurecido tras haber sido expuestos a los ensayos de resistencia a la compresión y la resistencia por ataques de sulfatos.

#### 2.3.2. Para procesar datos.

Para obtener puntos de comparación en la investigación con respecto a los cambios del concreto con las adiciones de vidrio reciclado, en porcentajes del 0%, 30%, 60% y 100%, para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> se plantearon los siguientes procesos:

- Se identificó las restricciones y evaluación de criterios para los materiales siguiendo las normas peruanas y guías relacionadas.
- Se realizó la pulverización y el almacenamiento del vidrio.
- Se ensayó los agregados según la NTP de agregados y así obtener los valores necesarios para el diseño del concreto.

- d. Se realizó el diseño de mezclas del concreto patrón y el diseño de mezclas del concreto con 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio siguiendo el método del módulo de fineza.
- e. Se realizó la mezcla siguiendo el protocolo con las cantidades calculadas.
- f. Tras obtener una mezcla uniforme se realizó el ensayo con el Cono de Abrams para medir el asentamiento.
- g. Se elaboró las probetas del concreto patrón y el concreto con adiciones de vidrio reciclado en dos capas.
- h. Respectivamente a los 7, 14 y 28 días se retiraron del curado para secarlos y realizar los ensayos correspondientes.
- i. Se tabularon los datos y se realizaron los cálculos de dispersión.

Para el análisis de cada proceso de la investigación se consideró lo siguiente:

- Para los ensayos realizados a los agregados se analizó según granulometría, contenido de humedad, desgaste a la abrasión, pasante de malla N° 200, peso unitario, peso específico y absorción. Se llevó a cabo los cálculos respectivos para obtener cada uno de los valores mencionados.
- En el caso del vidrio se realizó su pulverizado con el molino de minerales hasta conseguir tamaños de partículas de aproximadamente 45  $\mu\text{m}$  diámetro.
- Para los ensayos del concreto fresco, se analizó los datos según las interpretaciones de los valores obtenidos y las estimaciones según los límites establecidos por las normativas peruanas y extranjeras.
- Para los ensayos del concreto endurecido, los cuales fueron de resistencia a la compresión y resistencia al ataque por sulfatos, se analizó según hojas de cálculo de cada tipo de ensayo.
- En cuanto a la resistencia a la compresión se determinó la deformación y el

esfuerzo producido por las cargas ultimas de los ensayos y a su vez la resistencia a la compresión de cada muestra y la resistencia promedio para cada tipo de mezcla.

#### 2.4. Operacionalización de variables.

Variables	Indicadores	Índice	Unidad de Medida	Instrumento
<b>Variable independiente</b>	- Dosificación de vidrio reciclado.	- Puntos de acopio de vidrio. - Triturador de vidrio. - Cantidad óptima de agua. - Cantidad optima de cemento portland.	- Kilogramo (kg.) - Litros (lt.) para el caso de agregado líquido	- Balanza.
<b>Diseños de hormigón con vidrio reciclado</b>	- Diseño de mezcla	- Cantidad optima de agregado grueso. - Cantidad optima de agregado fino. - Cantidad optima de vidrio reciclado.		
<b>Variante dependiente</b>	- Resistencia mecánica del hormigón.	- Ensayo de compresión con maquina hidráulica. - Ensayo de flexión con maquina hidráulica.	- Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ).	- Equipos para ensayos del laboratorio del concreto.
<b>Contracción plástica.</b>	- Potencial de figuración.	- Normas técnicas peruanas (NTP). - Ensayo de laboratorio. - Fuentes bibliográficas.		- NTP 339.034. - ASTM C-293. - ASTM C-496.

#### Variables.

De acuerdo con la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel y grado de profundidad las características de un estudio descriptivo, puesto que el objetivo general es interpretar el comportamiento del concreto con agregado de vidrio reciclado y realizar las respectivas comparaciones frente a concretos convencionales.

### 3. RESULTADOS.

#### 3.1. Características de la investigación:

##### 3.1.1. Agregado utilizado en la investigación.

Los agregados utilizados para este diseño de mezcla de concreto con la influencia del vidrio reciclado provenientes de residuos de construcción son extraídos del botadero del cerro Cancharani, salida a Moquegua de la ciudad de Puno.

Una vez secado a la intemperie el hormigón, se ha tamizado por la malla N° 4 para separar el agregado fino del agregado grueso, como se muestra para realizar posteriormente sus características físicas de ambos agregados para el diseño de mezcla del concreto.

##### **Características físicas del agregado fino.**

- Peso específico y absorción.

El peso específico conocido como gravedad específica relativa, se relaciona entre el peso de la muestra saturada seca y el peso de volumen del agregado completamente saturado.

La absorción se vincula con la porosidad del material y esta se relaciona directamente con la adherencia y la resistencia, así como su comportamiento frente a problemas de congelamiento, deshielo e intemperismo.

La absorción es el porcentaje entre el agua y la muestra seca al horno multiplicado por 100, asociada a la capacidad de absorción de agua.

$$P\% \text{ absorción} = \frac{(P. \text{ muestra seca saturada} - P. \text{ muestra seca al horno}) * 100}{\text{Peso muestra seca al horno}}$$

El peso específico y la absorción se determinan mediante la norma ASTM C-128 por el método del picnómetro o el método gravimétrico.

**TABLA 3.1**

Peso específico y % de Absorción del agregado fino.

AGREGADO FINO	
Peso específico	Absorción
gr/cm <sup>3</sup>	%
2.55	3.20

FUENTE: Elaboración propia.

- Peso unitario suelto y varillado.

Es la relación que existe entre el peso del agregado en un estado natural y el volumen que ocupa en el molde de finos siendo el peso unitario suelto y varillado.

**TABLA 3.2**

Pesos unitarios del agregado fino (suelto y varillados).

AGREGADO FINO	
Peso Unitario Suelto	Peso Unitario Varillado
kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
1608	1718

FUENTE: Elaboración propia.

- Porcentaje de humedad.

Peso específico y % de absorción del agregado fino.

Es la relación que existe del total de agua dispuesto en un material natural, entre el peso seco de la misma muestra.

**TABLA 3.3**

Porcentaje de humedad del agregado fino.

AGREGADO FINO
Contenido de Humedad
%
2.6

FUENTE: Elaboración propia.

- Granulometría de finos.

Tiene una buena granulometría, de forma y textura de las partículas del agregado fino, pueden favorecer a una mejor cohesión y a la producción de un concreto de una buena calidad de acuerdo a su módulo de fineza. Desarrollándose con la siguiente normatividad ASTM D-442.

Los resultados obtenidos se aprecian, donde se tiene un módulo de fineza de 2.99% que es el porcentaje de la sumatoria del retenido y acumulado desde la malla N° 8 hasta la malla N° 100.

**TABLA 3.4**

Granulometría del agregado fino.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	103.15	20.63	20.63	79.37	80-100%
N° 16	85.96	17.19	37.82	62.18	50-85%
N° 30	110.55	22.11	59.93	40.07	25-60%
N° 50	126.90	25.38	85.31	14.69	10-30%
N° 100	49.33	9.87	95.18	4.82	2-10%
N° 200	11.02	2.20	97.38	2.62	
FONDO	13.09	2.62	100.00	0.00	
SUMA	500.00	100.00			

FUENTE: Elaboración propia.

### Características físicas del agregado grueso.

- Peso unitario suelto y varillado.

**TABLA 3.5**

Pesos unitarios del agregado grueso (suelto y varillados).

AGREGADO GRUESO	
Peso Unitario Suelto	Peso Unitario Varillado
kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
1539	1610

FUENTE: Elaboración propia.

- Peso específico y absorción.

**TABLA 3.6**

Peso específico y % de Absorción del agregado grueso.

AGREGADO GRUESO	
Peso específico	Absorción
kg/m <sup>3</sup>	%
2.53	2.02

FUENTE: Elaboración propia.

- Porcentaje de humedad.

**TABLA 3.7**

Porcentaje de humedad del agregado fino.

AGREGADO GRUESO
Contenido de Humedad
%
2.13

FUENTE: Elaboración propia.

- Granulometría de gruesos.

**TABLA 3.8**

Granulometría del agregado grueso.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
1 ½"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
1"	463	13.23	13.23	86.77	100%
¾"	634	18.23	31.46	68.54	90-100%
½"	773	22.09	53.54	46.46	
3/8"	567	16.20	68.74	30.26	20-55%
¼"					
N° 4	1059	30.26	100.00	0.00	0-10%
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00	
SUMA	3500	100.00			

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.1.2. **Cemento utilizado en la investigación.**

Se utilizó el cemento portland tipo IP de marca RUMI de acuerdo a la NTP 334.090 y es adquirido en bolsas de 42.5 kg. equivalente a 1 pie<sup>3</sup>.

### 3.1.3. **Vidrio reciclado utilizado en la investigación.**

#### **Reciclado de vidrio.**

El vidrio se ha reciclado de construcciones demolidas y constituciones en refacción donde ya no es útil el vidrio que acaparan las ventanas, puertas y todo aquel objeto que le den uso al vidrio. Por lo que para la presente investigación el vidrio se acopio de diferentes puntos de construcciones en demolición y construcciones en refacción de la ciudad de Puno.

#### **Molido del reciclado de vidrio.**

El reciclado se muele en diferentes maneras y solo se utiliza lo que pasa el tamiz N° 4 (4.76 mm), como sustituto e incorporado del agregado fino.

El reciclado de vidrio se muele tal como está provienen de las diferentes partes de la ciudad de Puno, se muele sin ser lavados, sin limpiarlos, solamente tendría que tener una buena trabajabilidad, siendo el molido en una base de pavimentos rígido consistente a la acción de chancar el vidrio reciclado.

Se dio en tres métodos para el molido del reciclado de vidrio.

- **PRIMER MÉTODO:** El reciclado del vidrio se ha molido y tamizado manualmente usando una piedra (batan), chancado en un pavimento rígido y posteriormente es tamizado por la malla N° 4 para la utilización como sustitución al agregado fino.
- **SEGUNDO MÉTODO:** El reciclado de vidrio se ha molido en la máquina de abrasión de los ángeles durante 15 minutos en varias ocasiones y de igual manera es tamizado por la malla N° 4 (manualmente), para la incorporación

agregado fino, porque moler manualmente dio avance, careciendo del material de vidrio molido para los ensayos del concreto modificado.

- **TERCER MÉTODO:** El reciclado de vidrio se ha molido con el rodillo vibratorio durante 1 a 4 minutos, en varias ocasiones y de igual manera es tamizado por la malla N° 4 (manualmente), para la incorporación al agregado fino, porque se ha necesitado en grandes cantidades el vidrio molido para las propiedades físico-mecánicas del concreto modificado.

#### **Tamizado del reciclado de vidrio molido.**

El vidrio una vez molido y tamizado por la malla N° 4, pasa por un segundo proceso y ultimo para que esta pueda ser utilizado en la incorporación del agregado fino, siendo tamizado por las mallas, N° 8, N° 16, N° 30 y fondo manualmente.

#### **Resultado del tamizado del vidrio molido.**

El vidrio reciclado pasa por diferentes etapas para que esta pueda incorporarse al agregado fino en el proceso de la mezcla del concreto haciendo una equivalencia de las mallas retenidas que son la N° 8, N° 16, N° 30 y fondo.

#### **Importancia del vidrio tamizado por las mallas.**

El tamizado del vidrio molido por las mallas N° 8, N° 16, N° 30 y fondo es muy importante para que esta llegue a una resistencia moderada de la resistencia de diseño cumpliendo con los porcentajes mínimos y máximos de los parámetros granulométricos del agregado fino en el rango de la curva granulométrica de finos.

#### **Observaciones del proceso del vidrio molido.**

- El tipo de vidrio reciclado son aquellos vidrios que fueron componentes de una construcción en un estado de descomposición siendo sus puertas, ventanas,

---

todo aquello que está hecho de vidrio.

- El vidrio se muele sin exponerse al lavado ni secado, se muele tal como se ha reciclado solamente, teniendo una buena trabajabilidad.
- El vidrio molido se tamiza por las mallas N° 8, N° 16, N° 30 y fondo, sin utilizar las mallas N° 50, N° 100 y N° 200 porque esta representa el 14% del 100% retenido en los parámetros del diseño granulométrico de finos que en conclusión esta no influiría mucho en lo que es la mezcla del diseño del concreto modificado.
- Por otro lado, los tamices N° 50, N° 100 y N° 200 no fueron utilizados porque el vidrio molido puede producir cortes en la malla porque son ligeras, delgadas, finas y muy delicadas y su precio económico no sería de mi interés al malograrse dicho tamiz.

**Características físicas del vidrio reciclado proveniente de residuos de construcción en el agregado fino.**

- El vidrio reciclado proveniente de residuo de construcción en la absorción del agregado fino.

A) Descripción del ensayo del picnómetro del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.

- Preparación del material.

El agregado fino es saturado 24 horas al igual que el vidrio reciclado.

- Ensayo de humedad superficial.

Utilizar el agregado fino y vidrio reciclado en el ensayo de humedad superficial cumpliendo con la norma ASTM C-128, para que el agregado este en un estado seco saturado haciendo la prueba del mini cónico con 25 golpes en tres capas.

- Peso de la muestra seca saturada.

Una vez cumpliendo con el ensayo de humedad superficial esta tiende a pesarse en contenidos apartes del agregado fino y vidrio reciclado en un estado seco saturado.

**TABLA 3.9**

Porcentaje de la muestra seca saturada del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.

<b>MUESTRA SECA SATURADA 500 gr</b>		
	<b>Agregado Fino</b>	<b>Vidrio reciclado</b>
0% vidrio	500	0
30% vidrio	350	150
60% vidrio	200	300
100% vidrio	0	500

FUENTE: Elaboración propia.

- Ensayo del picnómetro.

Teniendo el peso definido del agregado fino y el vidrio reciclado en un estado seco saturado esta procede a juntarse en el ensayo del picnómetro para sacar todas las burbujas de aire que contiene el agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.

- Muestra seca al horno.

Una vez que el agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado se haya sacado todas las burbujas de aire atrapado este material tiene a ponerse en un recipiente al horno 24 horas a una temperatura de 105°C.

B) Resultados del porcentaje de absorción del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.

- Porcentaje de absorción del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado en un 0%.

Los resultados se obtienen en la tabla N° 16 siendo la absorción 3.20%.

- Porcentaje de absorción del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado en un 30%.

**TABLA 3.10**

De absorción del agregado fino con la incorporación del 30% de vidrio reciclado.

A	Peso de muestra secada al horno	488.32
B	Peso de Agregado Fino saturado seco (70%)	350
C	Peso de vidrio saturado seco (30%)	150
	Peso tarro	52.16
Wc	Peso del picnómetro con agua	1311.36
W	Peso de picnómetro + muestra + agua	1524.17
A – (B + C)	Agua	11.68
%	Absorción	2.39

FUENTE: Elaboración propia.

- Porcentaje de absorción del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado en un 60%.

**TABLA 3.11**

De absorción del agregado fino con la incorporación del 60% de vidrio reciclado.

A	Peso de muestra secada al horno	491.74
B	Peso de Agregado Fino saturado seco (40%)	200
C	Peso de vidrio saturado seco (60%)	300
	Peso tarro	50.14
Wc	Peso del picnómetro con agua	1311.36
W	Peso de picnómetro + muestra + agua	1434.46
A – (B + C)	Agua	8.26
%	Absorción	1.68

FUENTE: Elaboración propia.

- Porcentaje de absorción del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado en un 100%.

**TABLA 3.12**

De absorción del agregado fino con la incorporación del 100% de vidrio reciclado.

A	Peso de muestra secada al horno	499.21
B	Peso de Agregado Fino saturado seco (0%)	0.00
C	Peso de vidrio saturado seco (100%)	500
	Peso tarro	53.45
Wc	Peso del picnómetro con agua	1311.36
W	Peso de picnómetro + muestra + agua	1434.46
A – (B + C)	Agua	0.79
%	Absorción	0.16

FUENTE: Elaboración propia.

- El vidrio reciclado proveniente de residuo de construcción en el peso unitario del agregado fino.

A) Descripción del ensayo del peso unitario del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.

El peso unitario se obtiene del peso de la muestra entre el volumen definido del molde de la muestra, a este se le incluye lo espacios vacíos intergranulares siendo que difiere en el peso.

Hallando los valores del peso unitario del agregado fino con la incorporación del 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en un estado seco con un peso total de 10 kg.

**TABLA 3.13**

Porcentaje del peso unitario del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.

<b>PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO EN kg</b>		
	Agregado Fino	Vidrio reciclado
0% vidrio	10	0
30% vidrio	7	3
60% vidrio	4	6
100% vidrio	0	10

FUENTE: Elaboración propia.

B) Resultado del peso unitario del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado.

- Peso unitario suelto y varillado del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado en un 0%.
- Peso unitario suelto y varillado del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado en un 30%.

**TABLA 3.14**

Peso unitario suelto y varillado con el 30% de vidrio.

<b>P. U. CON EL 30% VIDRIO</b>	
Suelto	Varillado
1557	1687

FUENTE: Elaboración propia.

- Peso unitario suelto y varillado del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado en un 60%.

**TABLA 3.15**

Peso unitario suelto y varillado con el 60% de vidrio.

<b>P. U. CON EL 60% VIDRIO</b>	
Suelto	Varillado
1529	1673

FUENTE: Elaboración propia.

- Peso unitario suelto y varillado del agregado fino con la incorporación del vidrio reciclado en un 100%.

**TABLA 3.16**

Peso unitario suelto y varillado con el 100% de vidrio.

<b>P. U. CON EL 100% VIDRIO</b>	
Suelto	Varillado
1043	1204

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.2. Diseño de la mezcla para el concreto con la influencia del vidrio reciclado:

Para este diseño de mezcla se utilizará las normas ACI 211.1.74 y ACI 211.1.81, para una de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> o 21 Mpa a los 28 días calendarios.

De acuerdo con la resistencia requerida se calcula en función del agregado grueso y módulo de fineza del agregado fino siendo esta la elección de relación de agua/cemento (a/c) por resistencia.

Para el diseño de mezcla necesitamos recopilar las características de los agregados que ya se habló en los anteriores puntos.

**TABLA 3.17**

Características de los agregados.

CARACTERITICAS FISICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P. Específico	2.53	2.55
P. U. Varillado	1610	1718
P. U. Suelto	1539	1608
% de Absorción	2.02	3.20
% de Humedad Natural	2.13	2.60
Módulo de Fineza	-	2.99

FUENTE: Elaboración propia.

#### 3.2.1. Resistencia promedio.

Las características y propiedades del agregado grueso y el agregado fino se inician en el proceso del diseño y cálculo del diseño de mezcla.

El promedio de resistencia a la compresión  $F'_{cr}$ , de resistencia a compresión promedio que corresponde a la fórmula siguiente:

La resistencia promedio  $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ .

**TABLA 3.18**

Resistencia a compresión promedio.

$f'c$	$f'cr$
Menor de 210	$f'c + 70$
210 a 250	$f'c + 84$
Sobre 350	$f' + 98$

FUENTE: Diseño de mezclas UNA/FICA/EPIC.

### 3.2.2. Elección del asentamiento (SLUMP).

De acuerdo a la consistencia de los agregados se ha elegido el tipo de asentamiento para el diseño de mezcla que es:

**TABLA 3.19**

Consistencia del asentamiento.

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm.) a 2" (50 mm.)
Plástica	3" (75 mm.) a 4" (100 mm.)
Fluida	5" (125 mm.)

FUENTE: Diseño de mezclas UNA/FICA/EPIC.

La consistencia del diseño de mezcla se ha considerado plástica que es de 3" – 4" (76.2 mm a 101.6 mm).

### 3.2.3. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.

Dando las características del uso del agregado grueso, se ha utilizado de acuerdo con las satisfacciones y cumpliendo con las especificaciones, cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de  $\frac{3}{4}$ " (19.05 mm).

### 3.2.4. Estimación del agua de mezclado.

No se utilizará el incorporador de aire, pero la estructura del espécimen estará expuesta al intemperismo severo. La cantidad aproximada del agua en el mezclado se empleará de acuerdo con el asentamiento indicado, será de 205 lts/m<sup>3</sup>.

### 3.2.5. Estimación del contenido de aire incorporado.

El concreto será sometido al intemperismo severo, considerando un contenido de aire atrapado de 2.0%.

**TABLA 3.20**

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximo de agregados.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1 1/2")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>								
<b>30 a 50 (1" a 2")</b>	205	200	185	160	160	155	145	125
<b>80 a 100 (3" a 4")</b>	225	215	205	175	175	170	160	140
<b>150 a 180 (6" a 7")</b>	240	230	210	205	185	180	170	-
<b>Cantidad aproximada de aire atrapado (%)</b>	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

FUENTE: Diseño de mezclas UNA/FICA/EPIC.

### 3.2.6. Elección de la relación agua/cemento (A/C).

Según el diseño de mezcla en el laboratorio la elección de las relaciones a/c es 0.55.

### 3.2.7. Cálculo del contenido de cemento.

El contenido de cemento para 1 m<sup>3</sup> corresponde a la siguiente fórmula.

$$\text{Contenido de Cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts/m}^3\text{)}}{\text{Relacion a/c (para F'cr)}}$$

De acuerdo con la información el requerimiento del cemento será de 373 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.8. Estimación del contenido del peso seco del agregado grueso para 1 kg/m<sup>3</sup>.

Según el método del comité 211 del ACI, se determina el contenido de agregado grueso de acuerdo al módulo de fineza del agregado fino (2.99) y la relación tamaño máximo del agregado grueso 3/4" (19.05).

**TABLA 3.21**

Agregado grueso por unidad de volumen.

TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO	Volumen agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de fineza de agregado fino.						
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO						
	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	2.4
3/8"	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40
1/2"	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49
3/4"	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56
1"	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61
1 1/2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66
2"	0.8	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
3"	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71
6"	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77

FUENTE: Comité 211 DEL AC.

La interpolación es  $0.60113 \text{ m}^3$ .

De acuerdo al volumen de interpolación, y el peso específico varillado compactado que es ( $1610 \text{ kg/m}^3$ ). El peso seco del agregado grueso se define con la siguiente fórmula.

$$\text{Peso seco} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \text{Volumen agregado} \times \text{Peso E. unitario varillado compact.}$$

Teniendo un valor final del peso seco del agregado grueso de  $968 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.2.9. Estimación del contenido del peso seco del agregado fino para $1 \text{ kg/m}^3$ .

La cantidad requerida de agregado fino consiste en el material resultante para completar en un  $\text{m}^3$  de concreto.

**TABLA 3.22**

Volumen de los materiales de la mezcla.

Volumen de agua	250 / 1000	0.205
Volumen de cemento	373 / (2.88*1000)	0.129
Volumen absoluto de agregado grueso	968 / (2.53*1000)	0.383
Volumen de aire atrapado	2.00 / 100	0.020
Volumen sub total		0.737

FUENTE: Elaboración propia.

Se determina el volumen absoluto de la arena mediante la diferencia del volumen unitario y el volumen subtotaes hallados de las cantidades.

$$\text{Volumen de A. fino} = \text{Volumen unitario} (1 \text{ m}^3) - \text{Volumen subtotal m}^3$$

El volumen absoluto del agregado fino es 0.263 m<sup>3</sup>.

El peso seco corresponde a:

$$\text{Peso seco de A. fino} = \text{Vol. A. fino} \times \text{Peso E. del A. fino} \times 100$$

Teniendo un valor final del peso seco del agregado fino de 671 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.10. Ajustes por humedad y absorción.

Los agregados tienen un % de humedad, por lo tanto, se tiene que tomar en cuenta el peso de su habitad natural, y el promedio de pesos corregidos.

$$\text{Peso corregido} = \text{Peso seco del Agregado} \times \left( 1 + \frac{\% \text{ de humedad } 100}{100} \right)$$

$$\text{Peso corregido Agregado grueso} = 968 \times 1.021293$$

$$\text{Peso corregido Agregado fino} = 671 \times 1.0260$$

Peso corregido de Agregado grueso húmedo: 989 kg/m<sup>3</sup>.

Peso corregido de Agregado fino húmedo: 688 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.11. Agua efectiva.

El agua que se pierde por la absorción de los agregados se determina mediante.

$$\text{Agua en A. grueso} = (\text{Peso seco A. grueso}) \times \left( \frac{\% \text{ Hume.} - \% \text{ Absor.}}{100} \right) = A$$

$$\text{Agua en A. fino} = (\text{Peso seco A. fino}) \times \left( \frac{\% \text{ Hume.} - \% \text{ Absor.}}{100} \right) = B$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - A - B$$

### 3.2.12. Estimación del peso seco del agregado fino con la incorporación de un 30% por el vidrio reciclado (molido).

Teniendo un valor final del peso seco del agregado fino que es 671 kg/m<sup>3</sup> siendo el 30%, que vendría a ser 201.3 kg/cm<sup>2</sup> del vidrio reciclado, como incorporado de una parte al agregado fino, teniendo en cuenta que:

70% del total del peso seco del agregado fino 469.7 kg/cm<sup>3</sup>.

30% del total del peso seco como sustituto vidrio reciclado (molido) 201.3 kg/cm<sup>3</sup>.

Cumpliendo con las especificaciones de la curva granulométrica del agregado fino, que se encuentra dentro de los parámetros, se ha ajustado al mismo el análisis granulométrico del 30% vidrio molido.

**TABLA 3.23**

Ajuste granulométrico del 30% de vidrio reciclado dentro de los parámetros granulométricos de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	40.00	19.87	19.87	80.13	80-100%
N° 16	52.00	25.83	45.70	54.30	50-85%
N° 30	45.00	22.35	68.06	31.94	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	64.30	31.94	100.00	0.00	
SUMA	201.30	100.00			

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.2.13. Estimación del peso seco del agregado fino con la incorporación de un 60% por el vidrio reciclado (molido).

Teniendo un valor final del peso seco del agregado fino que es  $671 \text{ kg/m}^3$  siendo el 60%, que vendría a ser  $402.6 \text{ kg/cm}^2$  del vidrio reciclado (molido), como sustituto de una parte al agregado fino.

40% del total del peso seco del agregado fino  $268.4 \text{ kg/cm}^3$ .

60% del total del peso seco como sustituto vidrio reciclado molido  $402.6 \text{ kg/cm}^3$ .

Cumpliendo con las especificaciones de la curva granulométrica del agregado fino, que se encuentra dentro de los parámetros, se ha ajustado al mismo el análisis granulométrico del 60% vidrio molido.

**TABLA 3.24**

Ajuste granulométrico del 60% de vidrio reciclado dentro de los parámetros granulométricos de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	70.00	17.39	17.39	82.61	80-100%
N° 16	120.00	29.81	47.19	52.81	50-85%
N° 30	90.00	22.35	69.55	30.45	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	122.60	30.45	100.00	0.00	
SUMA	402.60	100.00			

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.2.14. Estimación del peso seco del agregado fino con la incorporación al 100% por el vidrio reciclado (molido).

Teniendo un valor final del peso seco del agregado fino que es  $671 \text{ kg/m}^3$ , esta se sustituirá por completo con el vidrio reciclado (molido) en vez del agregado fino.

Que se ajusta al mismo el análisis granulométrico del vidrio.

**TABLA 3.25**

Ajuste granulométrico del 100% de vidrio reciclado dentro de los parámetros granulométricos de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	125.00	18.63	18.63	81.37	80-100%
N° 16	180.00	26.83	45.45	54.55	50-85%
N° 30	180.00	26.83	72.28	27.72	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	186.00	27.72	100.00	0.00	
SUMA	671.00	100.00			

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.2.15. Resumen del diseño de mezcla con el 0% de vidrio reciclado (molido).

Se aprecia en la siguiente tabla.

**TABLA 3.26**

Resumen de dosificación de los materiales en volumen.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
CEMENTO	373	373
AGUA	205	209
AGREGADO GRUESO	968	989
AGREGADO FINO	671	688
AIRE	0.02	0.02

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.2.16. Resumen del diseño de mezcla con el 30% de vidrio reciclado (molido).

Se aprecia en la siguiente tabla.

**TABLA 3.27**

Resumen de dosificación del 30% de vidrio.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
CEMENTO	373	373
AGUA	205	209
AGREGADO GRUESO	968	989
AGREGADO FINO 70%	469.70	486.70
VIDRIO RECICLADO 30%	201.30	201.30
AIRE	0.02	0.02

FUENTE: Elaboración propia.

**3.2.17. Resumen del diseño de mezcla con el 60% de vidrio reciclado (molido).**

Se aprecia en la siguiente tabla.

**TABLA 3.28**

Resumen de dosificación del 60% de vidrio.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
CEMENTO	373	373
AGUA	205	209
AGREGADO GRUESO	968	989
AGREGADO FINO 40%	268.40	285.50
VIDRIO RECICLADO 60%	402.60	402.60
AIRE	0.02	0.02

FUENTE: Elaboración propia.

**3.2.18. Resumen del diseño de mezcla con el 100% de vidrio reciclado (molido).**

Se aprecia en la siguiente tabla.

**TABLA 3.29**

Resumen de dosificación del 100% de vidrio.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (kg/m <sup>3</sup> )
CEMENTO	373	373
AGUA	205	209
AGREGADO GRUESO	968	989
VIDRIO RECICLADO 100%	671	671
AIRE	0.02	0.02

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.3. Diseño y elaboración de las probetas cilíndricas estándar:

#### 3.3.1. Preparación de los moldes cilíndricos.

Para la elaboración de las probetas cilíndricas de concreto se utilizaron moldes cilíndricos de lámina rígida, con dimensiones de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, estas se han lavado, cepillado y limpiado de tal forma que se les quitaron los residuos anteriores para evitar la contaminación del concreto.

#### 3.3.2. Dosificación del espécimen para una probeta cilíndrica estándar.

**Dosificación con el 0% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una probeta cilíndrica.**

Para la dosificación de una probeta cilíndrica con un 0% de vidrio, se usa el resumen, para calcular el peso requerido de una probeta cilíndrica, aumentando un desperdicio del 7%. Se realiza de la siguiente manera.

- Área de la probeta cilíndrica.

$$\text{Área de una probeta cilíndrica} = H \cdot x \frac{(\pi \cdot D^2)}{4}$$

$$\text{Área de una probeta cilíndrica} = 5301.44 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Área de una probeta cilíndrica} = 0.00530144 \text{ m}^3.$$

- Dosificación del cemento más el 7% de desperdicio.



$$\begin{array}{l} 373 \longrightarrow 1\text{m}^3 \\ X \longrightarrow 0.00530144 \text{ m}^3 \end{array}$$

Dosificación del cemento de briqueta = 1.98 kg.

Dosificación del cemento más el 7% = 1.98 + 7%.

La dosificación del cemento para una probeta cilíndrica es 2.12 kg.

- Dosificación del agua más el 7% de desperdicio.

$$\begin{array}{l} 205 \longrightarrow 1\text{m}^3 \\ X \longrightarrow 0.00530144 \text{ m}^3 \end{array}$$

Dosificación del agua = 1.09 kg.

Dosificación del agua más el 7% = 1.09 + 7%.

La dosificación del agua para una probeta es 1.17 kg.

- Dosificación del agregado grueso más el 7% de desperdicio.

$$\begin{array}{l} 968 \longrightarrow 1\text{m}^3 \\ X \longrightarrow 0.00530144 \text{ m}^3 \end{array}$$

Dosificación del agregado grueso = 5.13 kg.

Dosificación del agregado grueso más el 7% = 5.13 + 7%

La dosificación del agregado grueso para una probeta cilíndrica es 5.49 kg.

- Dosificación del agregado fino más el 7% de desperdicio.

$$\begin{array}{l} 671 \longrightarrow 1\text{m}^3 \\ X \longrightarrow 0.00530144 \text{ m}^3 \end{array}$$

Dosificación del agregado fino = 3.56 kg.

Dosificación del agregado fino más el 7% = 3.56 + 7%.

La dosificación del agregado fino para una probeta cilíndrica es 3.81 kg.

- Resumen de la dosificación de los materiales más el desperdicio del 7% para una probeta cilíndrica.

El resumen de la dosificación para una probeta cilíndrica estándar.

**TABLA 3.30**

Resumen de la dosificación con el 0% de vidrio para una probeta cilíndrica con un desperdicio del 7%.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO
	(kg)
CEMENTO	2.12
AGUA	1.17
AGREGADO GRUESO	5.49
AGREGADO FINO	3.81

FUENTE: Elaboración propia.

**Dosificación con el 30% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una probeta cilíndrica.**

Para tener la dosificación del vidrio reciclado incorporado en un 30% al agregado fino, siendo el resumen de la dosificación estándar con un desperdicio del 7%, donde se calcula de la siguiente manera.

$$\begin{array}{rcl}
 3.81 \text{ kg} & \longrightarrow & 100 \% \\
 X & \longrightarrow & 30 \% \\
 \text{Peso del vidrio molido al } 30 \% & = & 1.14 \text{ kg.}
 \end{array}$$

$$\text{Peso del agregado fino al } 70\% = 2.67 \text{ kg.}$$

Las especificaciones corregidas con el 30% de vidrio reciclado en los parámetros granulométricos del agregado fino.

**TABLA 3.31**

Corrección del análisis granulométrico con el 30% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	0.21	18.42	18.42	81.58	80-100%
N° 16	0.35	30.70	49.12	50.88	50-85%
N° 30	0.29	25.44	74.56	25.44	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	0.29	25.44	100.00	0.00	
SUMA	1.14	0.57			

FUENTE: Elaboración propia.

Resumen de la dosificación de los materiales con el 30% de vidrio granulado en los tamices N° 8, N° 16, N° 30 y fondo, incorporándose al agregado fino para una probeta cilíndrica, considerando el 7% de desperdicio.

**TABLA 3.32**

Resumen de la dosificación con el 30% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta cilíndrica.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO
	(kg)
CEMENTO	2.12
AGUA	1.17
AGREGADO GRUESO	5.49
AGREGADO FINO 70 %	2.67
VIDRIO RECICLADO 30%	1.14
N° 8	0.21
N° 16	0.35
N° 30	0.29
FONDO	0.29

FUENTE: Elaboración propia.

### **Dosificación con el 60% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una probeta cilíndrica.**

Para tener la dosificación del vidrio reciclado incorporado en un 60% al agregado fino, siendo el resumen de la dosificación estándar con un desperdicio de 7%, donde se calcula de la siguiente manera.

$$\begin{array}{l} 3.81 \text{ kg} \longrightarrow 100 \% \\ X \longrightarrow 60 \% \\ \text{Peso del vidrio molido al } 60 \% = 2.29 \text{ kg.} \end{array}$$

Peso del agregado fino al 40% = 1.52 kg.

Las especificaciones corregidas con el 60% de vidrio reciclado en los parámetros granulométricos del agregado fino.

**TABLA 3.33**

Corrección del análisis granulométrico con el 60% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	0.42	18.34	18.34	81.66	80-100%
N° 16	0.69	30.13	48.47	51.53	50-85%
N° 30	0.57	24.89	73.36	26.64	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	0.61	26.64	100.00	0.00	
SUMA	2.29	1.14			

FUENTE: Elaboración propia.

Resumen de la dosificación de los materiales con el 60% de vidrio granulado en los tamices N° 8, N° 16, N° 30 y fondo, incorporándose al agregado fino para una probeta cilíndrica, considerando el 7% de desperdicio.

**TABLA 3.34**

Resumen de la dosificación con el 60% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta cilíndrica.

<b>AGREGADO</b>	<b>DOSIFICACION EN PESO SECO</b>
	(kg)
CEMENTO	2.12
AGUA	1.17
AGREGADO GRUESO	5.49
AGREGADO FINO 40 %	1.52
VIDRIO RECICLADO 60%	2.29
N° 8	0.42
N° 16	0.69
N° 30	0.57
FONDO	0.61

FUENTE: Elaboración propia.

**Dosificación con el 100% de vidrio reciclado incorporado completamente al agregado fino para una probeta cilíndrica.**

Se muestra las especificaciones corregidas con el 100% de vidrio reciclado en los parámetros granulométricos del agregado fino.

**TABLA 3.35**

Corrección del análisis granulométrico con el 100% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	0.70	18.37	18.37	81.63	80-100%
N° 16	1.15	30.18	48.56	51.44	50-85%
N° 30	0.95	24.93	73.49	26.51	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	1.01	26.51	100.00	0.00	
SUMA	3.81	1.89			

FUENTE: Elaboración propia.

Resumen de la dosificación de los materiales con el 100% de vidrio granulado en los tamices N° 8, N° 16, N° 30 y fondo, incorporándose al agregado fino para su probeta cilíndrica, considerando el 7% de desperdicio.

**TABLA 3.36**

Resumen de la dosificación con el 100% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta cilíndrica.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO
	(kg)
CEMENTO	2.12
AGUA	1.17
AGREGADO GRUESO	5.49
AGREGADO FINO 100 %	3.81
N° 8	0.70
N° 16	1.15
N° 30	0.95
FONDO	1.01

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.3.3. Elaboración de la mezcla y colocado de probetas cilíndricas estándar.

#### **Elaboración de la mezcla del concreto.**

Teniendo una vez ya las dosificaciones de los diseños de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> o 21 Mpa, con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino, primeramente; se pesa y luego se realiza el proceso de la elaboración de mezcla. La elaboración de la mezcla de concreto se realizó manualmente, en una carretilla como recipiente móvil donde se realizó la mezcla con la pala.

La preparación por cada carretilla vendría a ser 3 briquetas.

#### **- Equipos y materiales.**

- Carretilla.
- Pala.
- Bandejas metálicas.
- Balanza electrónica.
- Agregado fino.
- Agregado grueso.
- Cemento.
- Agua.
- Vidrio molido granulado.
- Herramientas manuales.

#### **- Proceso de elaboración del mezclado del concreto con el 0% de vidrio reciclado.**

- PRIMERO: Se mezcla los áridos con el cemento hasta que esta mezcla esté bien combinada durante 1 minuto sin usar agua.
- SEGUNDO: Después de la primera parte se accede a echar el agua en 3

tiempos del mezclado, en cada tiempo de mezcla durante 3 a 4 minutos, que vendría a ser un tiempo 10 minutos por la elaboración del mezclado manualmente.

- TERCERO: Una vez ya mezclado completamente durante un tiempo total de 10 a 11 minutos manualmente, esta mezcla está dispuesto para el colocado en las probetas cilíndricas.

- **Proceso de elaboración con el 30% y 60% del vidrio reciclado incorporado al agregado fino.**

- PRIMERO: Se mezcla los % granulométricos de vidrio molido con un % de cemento manualmente en una bandeja durante 1 minuto sin usar agua.
- SEGUNDO: Se mezcla los áridos granulares con el cemento en la carretilla hasta que esté bien combinado durante 1 minuto sin usar agua.
- TERCERO: Se mezcla el contenido de la bandeja en la carretilla durante 2 a 3 minutos con la pala, cuidando el granulado de los finos del vidrio (molido).
- CUARTO: Una vez mezclado en un estado seco y combinado por completo con el vidrio granulado se accede a echar el agua en 3 partes en la mezcla, que cada parte dura 3 a 4 minutos del mezclado a pala que vendría a ser un tiempo de 11 minutos la elaboración de la mezcla manualmente.
- QUINTO: Una vez mezclado completamente durante un tiempo total de 15 a 16 minutos manualmente, esta mezcla está dispuesto para el colocado de las probetas cilíndricas.

- **Proceso de elaboración con el 100% del vidrio reciclado incorporado al agregado fino.**

- PRIMERO: Se mezcla los porcentajes granulométricos del vidrio molido

con un % de cemento manualmente en una bandeja durante 1 a 2 minutos sin usar el agua.

- **SEGUNDO:** Se mezcla el agregado grueso con un % de cemento; en la carretilla usando, hasta que esta mezcla esté bien combinada durante 1 minuto.
- **TERCERO:** Se junta el material mezclado de la bandeja en la carretilla cuidadosamente conservando la granulometría del vidrio reciclado molido durante 2 a 3 minutos.
- **CUARTO:** Se le influye el agua en la mezcla seca en 3 tiempos siendo un promedio de 4 a 5 minutos por cada tiempo, siendo el proceso del mezclado durante 13 minutos.
- **QUINTO:** Una vez mezclado durante un tiempo total de 18 a 19 minutos manualmente, esta mezcla está dispuesto para ser colocado en las probetas cilíndricas.

### **Colocado del espécimen en las probetas cilíndricas.**

#### **- Equipos y materiales.**

- Moldes cilíndricos para probetas de hormigón de 15x30 cm.
- Varilla de compactación.
- Mazo de goma.
- Cucharon.
- Mezcla del concreto.
- Pala.
- Plancha.
- Frotacho.
- Petróleo.

- Alicate.

- **Procedimiento de la colocación de la mezcla de concreto.**

- PRIMERO: Ajustar con el alicate los pernos de la probeta cilíndrica.
- SEGUNDO: Pasar con un trapo húmedo de petróleo en la probeta cilíndrica estándar.
- TERCERO: Tomar la mezcla del concreto y llenar en los moldes en tres capas.
- CUARTO: Compactar la mezcla con 25 golpes con una varilla metálica y posteriormente se golpeará el cilindro con un mazo de goma de 10 a 15 veces, realizar este proceso por cada capa para asegurar su compactación.
- QUINTO: Retirar el exceso de la mezcla del cilindro y dejar la muestra al mismo nivel del tope del cilindro, y asegurar que la superficie quede completamente llena con la plancha.

3.3.4. **Desenclafado y curado de las probetas cilíndricas estándar.**

**Equipos y materiales.**

- Piscina de curado.
- Herramientas manuales.

**Procedimiento del desenclafado y curado de la probeta cilíndrica de concreto.**

- PRIMERO: Desenclafar los cilindros una vez transcurrido las siguientes 24 horas.
- SEGUNDO: Marcar las probetas.
- TERCERO: Trasladar las briquetas a la piscina de curado con agua a una temperatura de 21° a 23°C y se sumerge completamente la briqueta dentro del agua.

### 3.4. Diseño y elaboración de vigas de 15x15x51 cm.:

#### 3.4.1. Preparación de los moldes de vigas de 15x15x51 cm.

Para la elaboración de las vigas rectangulares de concreto se utilizaron moldes rectangulares de lámina rígida, con sus dimensiones de 15x15x51 cm., estas se han lavado, cepillado y limpiado de tal forma que se les quitaron los residuos de anteriores moldeos para evitar la contaminación del concreto.

#### 3.4.2. Dosificación del espécimen para una viga rectangular de 15x15x51 cm.

**Dosificación con el 0% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una viga 15x15x51 cm.**

Para la dosificación de una viga rectangular con un 0% de vidrio molido, para calcular el peso requerido, aumentando un desperdicio del 7%. Se realiza de la siguiente manera.

- Área del molde rectangular.

Área de un molde rectangular =  $L \times A \times H$ .

Área de un molde rectangular =  $11475 \text{ cm}^3$ .

Área de un molde rectangular =  $0.011475 \text{ m}^3$ .

- Dosificación del cemento más el 7% de desperdicio.

373	—————→	$1 \text{ m}^3$
X	—————→	$0.011475 \text{ m}^3$

Dosificación del cemento = 4.28 kg.

Dosificación del cemento más el 7% =  $4.28 + 7\%$ .

La dosificación del cemento para una viga rectangular de 15x15x51 cm. es 4.58 kg.

- Dosificación del agua más el 7% de desperdicio.

205	—————→	$1 \text{ m}^3$
X	—————→	$0.011475 \text{ m}^3$

Dosificación del agua = 2.35 kg.

Dosificación del agua más el 7% = 2.35 + 7%.

La dosificación del agua para una viga rectangular de 15x15x51 cm. 2.51 kg.

- Dosificación del agregado grueso más el 7% del desperdicio.

$$\begin{array}{l} 968 \longrightarrow 1\text{m}^3 \\ X \longrightarrow 0.011475 \text{ m}^3 \end{array}$$

Dosificación del agregado grueso = 11.10 kg.

Dosificación del agregado grueso más el 7% = 11.10 + 7%.

La dosificación del agregado grueso para una viga rectangular de 15x15x51 es 11.88 kg.

- Dosificación del agregado fino más el 7% de desperdicio.

$$\begin{array}{l} 671 \longrightarrow 1\text{m}^3 \\ X \longrightarrow 0.011475 \text{ m}^3 \end{array}$$

Dosificación del agregado fino = 7.70 kg.

Dosificación del agregado fino más el 7% = 7.70 + 7%.

La dosificación del agregado fino para una viga rectangular de 15x15x51 cm. es 8.24 kg.

- Resumen de la dosificación de los materiales para una viga de 15x15x51 cm.

**TABLA 3.37**

Resumen de la dosificación del diseño de mezcla con el 0% de vidrio para una viga rectangular de 15 x 15 x 51 cm.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO
	(kg)
CEMENTO	4.58
AGUA	2.51
AGREGADO GRUESO	11.88
AGREGADO FINO	8.24

FUENTE: Elaboración propia.

**Dosificación con el 30% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino**

**para una viga 15x15x51 cm.**

Para el 30% de vidrio incorporado al agregado fino, siendo el resumen de la dosificación estándar para una viga rectangular de 15x15x51 cm. considerando el 7% de desperdicio. Se calcula de la siguiente manera.

$$\begin{array}{lcl} 8.24 \text{ kg} & \longrightarrow & 100 \% \\ X & \longrightarrow & 30 \% \end{array}$$

Peso del vidrio molido al 30 % = 2.47 kg.

Peso del agregado fino al 70% = 5.77 kg.

**TABLA 3.38**

Corrección del análisis granulométrico con el 30% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	0.45	18.22	18.22	81.78	80-100%
N° 16	0.75	30.36	48.58	51.42	50-85%
N° 30	0.63	25.51	74.09	25.91	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	0.64	25.91	100.00	0.00	
SUMA	2.47	1.23			

FUENTE: Elaboración propia.

Resumen de la dosificación de los materiales con el 30% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una viga de 15x15x51 cm. considerando el 7% de desperdicio.

**TABLA 3.39**

Resumen de la dosificación con el 30% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta rectangular.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO
	(kg)
CEMENTO	4.58
AGUA	2.51
AGREGADO GRUESO	11.88
AGREGADO FINO 70%	5.77
VIDRIO RECICLADO 30%	2.47
N° 8	0.45
N° 16	0.75
N° 30	0.63
FONDO	0.64

FUENTE: Elaboración propia.

**Dosificación con el 60% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una viga 15x15x51 cm.**

Para el 60% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino, siendo el resumen de la dosificación estándar para una viga rectangular de 15x15x51 cm. considerando el 7% de desperdicio. Se calcula de la siguiente manera.

$$\begin{array}{rcl}
 8.24 \text{ kg} & \longrightarrow & 100 \% \\
 X & \longrightarrow & 60 \% \\
 \text{Peso del vidrio molido al } 60 \% & = & 4.94 \text{ kg.}
 \end{array}$$

$$\text{Peso del agregado fino al } 40\% = 3.30 \text{ kg.}$$

**TABLA 3.40**

Corrección del análisis granulométrico del 60% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	0.90	18.22	18.22	81.78	80-100%
N° 16	1.50	30.36	48.58	51.42	50-85%
N° 30	1.26	25.51	74.09	25.91	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	1.28	25.91	100.00	0.00	
SUMA	4.94	2.45			

FUENTE: Elaboración propia.

Resumen de la dosificación de los miembros con el 30% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una viga de 15x15x51 cm. considerando el 7% de desperdicio.

**TABLA 3.41**

Resumen de la dosificación con el 60% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta rectangular.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO
	(kg)
CEMENTO	4.58
AGUA	2.51
AGREGADO GRUESO	11.88
AGREGADO FINO 40%	3.30
VIDRIO RECICLADO 60%	4.94
N° 8	0.90
N° 16	1.50
N° 30	1.26
FONDO	1.28

FUENTE: Elaboración propia.

**Dosificación con el 100% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una viga 15x15x51 cm.**

Para el 100% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino se utiliza el peso siendo este 8.24 kg.

**TABLA 3.42**

Corrección del análisis granulométrico del 100% de vidrio reciclado dentro de los parámetros de finos.

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Especificaciones granulométricas de finos
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
N° 8	0.70	18.37	18.37	81.63	80-100%
N° 16	1.15	30.18	48.56	51.44	50-85%
N° 30	0.95	24.93	73.49	26.51	25-60%
N° 50	-	-	-	-	10-30%
N° 100	-	-	-	-	2-10%
N° 200	-	-	-	-	
FONDO	1.01	26.51	100.00	0.00	
SUMA	3.81	1.89			

FUENTE: Elaboración propia.

Resumen de la dosificación de los materiales con el 100% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino para una viga de 15x15x51 cm. considerando el 7% de desperdicio.

**TABLA 3.43**

Resumen de la dosificación con el 100% de vidrio reciclado incorporado en el agregado fino para una probeta rectangular.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO
	(kg)
CEMENTO	4.58
AGUA	2.51
AGREGADO GRUESO	11.88
VIDRIO RECICLADO 100%	8.24
N° 8	1.50
N° 16	2.50
N° 30	2.10
FONDO	2.14

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.4.3. **Elaboración de la mezcla y colocada de vigas rectangulares de 15x15x51 m. Elaboración de la mezcla del concreto.**

Teniendo las dosificaciones de los diseños de mezcla para una viga rectangular de 15x15x51 cm. para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> o 21 Mpa, con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino, primeramente, se pesa y luego se realiza el proceso de la elaboración de la mezcla.

La elaboración de la mezcla del concreto para una viga rectangular se ha realizado de igual manera como el diseño de las probetas cilíndricas es decir manualmente.

La preparación de la mezcla se ha realizado en la carretilla como recipiente móvil donde por cada preparada se vaciaba dos especímenes de vigas rectangulares como máximo, realizando este proceso de preparación en varias ocasiones.

#### - **Equipos y materiales.**

- Carretilla.
- Pala.

- 
- Bandejas metálicas.
  - Balanza electrónica.
  - Agregado fino.
  - Agregado grueso.
  - Cemento.
  - Agua.
  - Vidrio molido granulado.
  - Herramientas manuales.
- **Proceso de elaboración del mezclado del concreto con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino.**
- PRIMERO: Se mezcla los áridos granulares con el cemento hasta que esta mezcla esté bien combinada durante 1 minuto sin usar agua.
  - SEGUNDO: Después del primer punto se accede a echar el agua en 3 tiempos del mezclado cada tiempo de mezcla dura de 3 a 4 minutos a pala, que vendría a ser los 3 tiempos una sumatoria de 10 a 11 minutos por la elaboración del mezclado manualmente.
  - TERCERO: Una vez mezclado completamente durante un tiempo total de 12 a 13 minutos manualmente, esta mezcla está dispuesto para el colocado en las probetas rectangulares de 15x15x51 cm.
- **Proceso de elaboración con el 30% y 60% del vidrio reciclado incorporado al agregado fino.**
- PRIMERO: Se mezcla los % granulométricos de vidrio molido con un % de cemento manualmente en una bandeja durante 1 a 2 minutos sin usar agua.
  - SEGUNDO: Se mezcla los áridos granulares con el cemento en la carretilla

---

hasta que esté bien combinado durante 1 minuto sin usar agua.

- TERCERO: Se mezcla el contenido de la bandeja en la carretilla durante 2 a 3 minutos con la pala, cuidando el granulado de los finos del vidrio (molido).
  - CUARTO: Una vez mezclado en un estado seco, se accede a echar el agua en 3 partes en la mezcla, cada parte durante 3 a 4 minutos del mezclado a pala que vendría a ser una sumatoria de 14 a 15 minutos la elaboración de la mezcla.
  - QUINTO: Una vez mezclado completamente durante un tiempo total de 18 a 19 minutos manualmente, esta mezcla está dispuesto para el colocado en las probetas rectangulares de 15x15x51 cm.
- **Proceso de elaboración con el 100% del vidrio reciclado (molido) sustituido por el agregado fino.**
- PRIMERO: Se mezcla los % granulométricos del vidrio molido con un % de cemento manualmente en una bandeja durante 2 a 3 minutos sin usar el agua.
  - SEGUNDO: Se mezcla el agregado grueso con un % de cemento, usando la pala en la carretilla, hasta que esta mezcla este bien combinada durante 1 minuto.
  - TERCERO: Se junta el material mezclado de la bandeja en la carretilla cuidadosamente para conservar los % granulométricos del vidrio molido durante 2 a 3 minutos.
  - CUARTO: Se le influye el agua en la mezcla seca en 3 tiempos siendo un promedio de 4 a 5 min por cada tiempo, el proceso de mezcla dura un promedio de 14 a 15 minutos.

- QUINTO: Una vez mezclado completamente durante un tiempo total de 22 a 23 minutos manualmente, esta mezcla está dispuesto para el colado en las probetas rectangulares de 15x15x51 cm.

### **Colocado del espécimen de los moldes rectangulares 15x15x51 cm.**

#### **- Equipos y materiales.**

- Molde rectangular para viga de 15x15x51 cm.
- Varilla de compactación.
- Mazo de goma.
- Cucharón.
- Mezcla de concreto.
- Pala.
- Plancha.
- Frotacho.
- Petróleo.
- Alicata.

#### **- Procedimiento de la colocación de la mezcla de concreto.**

- PRIMERO: Ajustar con el alicata los pernos de los moldes 15x15x51 cm.
- SEGUNDO: Pasar con un trapo de petróleo húmedo el molde de 15x15x51 cm.
- TERCERO: Tomar la mezcla del concreto y llenar en los moldes en dos capas.
- CUARTO: Compactar la mezcla con 45 golpes con una varilla metálica y posteriormente se golpeará el cilindro con un mazo de goma de 15 a 20 veces, realizar este proceso por cada capa para asegurar su compactación.

#### 3.4.4. **Desencofrado y curado de las vigas rectangulares de 15x15x51 cm.**

##### **Equipos y materiales.**

- Piscina de curado.
- Herramientas manuales.

##### **Procedimiento del desencofrado y curado de las vigas rectangulares de concreto.**

- PRIMERO: Desencofrar los moldes rectangulares una vez transcurrido las siguientes 24 horas.
- SEGUNDO: Marcar las vigas para identificar la descripción y elaboración del espécimen.
- TERCERO: Trasladar las briquetas a la piscina de curado con agua a una temperatura de 21° a 23°C y se sumerge completamente la briqueta dentro del agua.

#### 3.5. **Ensayo de resistencia a la compresión:**

El ensayo de resistencia a la compresión se basa de acuerdo con la NTP 339.034 ya mencionado en el capítulo anterior, describiendo el ensayo de resistencia a la compresión siendo la medida de resistencia más preferencial y común para el ingeniero para diseñar cualquier estructura.

Esta prueba determina la resistencia haciendo uso de las probetas cilíndricas estándar de concreto ya mencionados, aplicando una carga axial a una velocidad que está dentro de un rango determinado hasta que la muestra falle, usando el equipo de la prensa.

Para determinar la resistencia a la compresión de los especímenes de hormigón se realizó el procedimiento que se detalla a continuación.

##### 3.5.1. **Dimensionamiento de las probetas cilíndricas de hormigón.**

##### **Equipos y materiales.**

- Vernier.
- Libreta de apuntes.

#### **Procedimiento.**

- PRIMERO: Retirar el número de probetas destinadas para el ensayo de compresión según la fecha requerida siendo a los 7, 14 y 28 días.
- SEGUNDO: Se mide el diámetro en las caras centradas de la probeta haciendo el uso del vernier midiendo dos veces de diferentes lados sacando un promedio total.

#### **3.5.2. Ensayo de compresión.**

##### **Equipos y materiales.**

- Prensa hidráulica.
- Especímenes.

##### **Procedimiento.**

- PRIMERO: Ingresar las probetas a la máquina de compresión, centrar dichas muestras en las circunferencias concéntricas.
- SEGUNDO: Comprimir la máquina de compresión aplicando una velocidad constante de 0.25 Mpa/s.
- TERCERO: Una vez ya indicando la rotura rápidamente poner en descender la velocidad o ponerlo en neutro.
- CUARTO: Registrar la carga máxima y el tipo de falla obtenida en la prensa de compresión.

#### **3.6. Ensayo de resistencia a la flexión:**

El ensayo de módulo de rotura se basa de acuerdo a la norma ASTM C-78 y NTP 339.078, ya mencionado en el capítulo anterior, aplicándose la carga en los puntos tercios de la longitud de la viga, considerando su resistencia a la flexión siendo usadas

y aceptadas para los diseños de pavimentos hidráulicos.

Para esta prueba de resistencia a la flexión se hace el uso de los especímenes rectangulares 15x15x51 cm. ya mencionados, aplicándose una carga axial en los puntos tercios de la longitud a una velocidad que está dentro de un rango determinado hasta que la muestra falle, usando el equipo de la prensa y los equipos metálicos para la compostura de la viga.

Para determinar la resistencia a la flexión de los especímenes de hormigón se realizó el procedimiento que se detalla a continuación.

### 3.6.1. Dimensionamiento de las vigas de hormigón.

#### Equipos y materiales.

- Fluxómetro.
- Vernier.
- Libreta de apuntes.

#### Procedimiento.

- PRIMERO: Retirar el número de probetas destinadas para el ensayo de flexión según la fecha requerida siendo a los 7, 14 y 28 días.
- SEGUNDO: Se mide el ancho, alto y largo, haciendo el uso del vernier y el flexómetro, midiendo dos veces en cada lado de diferentes extremos sacando un promedio total.

### 3.6.2. Ensayo de módulo de rotura.

#### Equipos y materiales.

- Prensa hidráulica.
- Equipo de rotula de acero para la estabilidad de la viga en los puntos tercios.
- Especímenes de viga.

#### Procedimiento.

- PRIMERO: Armar el equipo de rotula de acero en la prensa de resistencia.
- SEGUNDO: Ingresar la viga a la máquina de compresión centrar en los rodillos y rotula de hacer.
- TERCERO: Usar la prensa hidráulica para romper la viga aplicando una velocidad constante de 0.86 Mpa/s.
- CUARTO: Una vez indicando la rotura rápidamente poner en descender la velocidad de la prensa haciendo esta que la viga falle en la parte tercia media obteniendo dos pedazos que posteriormente se extrae cuidadosamente de la prensa para que esta no se dañe.
- QUINTO: Registrar la carga máxima y el tipo de falla obtenida con la prensa hidráulica.
- SEXTO: Obtener los resultados de la viga 15x15x51 cm. después de pasar su resistencia máxima.

### **3.7. Ensayo de módulo de elasticidad:**

El ensayo del módulo de elasticidad se basa de acuerdo con la norma ASTM C-469 ya mencionado en el capítulo anterior, describiendo que el concreto es elástico por no tener un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama.

Esta prueba determina la deformación elástica entre el esfuerzo vs deformación de los cilindros del concreto ya mencionados, usando el equipo del compresómetro para verificar la deformación con una fuerza longitudinal progresiva hasta que la muestra falle, usando el equipo de la prensa.

Para determinar la resistencia a la compresión de los especímenes de hormigón se realizó el procedimiento que se detalla continuación.

#### **3.7.1. Ensayo de esfuerzos y deformación.**

##### **Equipos y materiales.**

- Prensa hidráulica.
- Compresómetro.
- Nivel.
- Probetas cilíndricas de hormigón.
- Vernier.
- Libreta de apuntes.

### **Procedimiento.**

- PRIMERO: Retirar las probetas cilíndricas del tanque de curado 1 hora antes de su ensayo como mínimo.
- SEGUNDO: Se mide el diámetro en las caras centradas de la probeta haciendo el uso del vernier midiendo dos veces de diferentes lados sacando un promedio total.
- TERCERO: Colocar el compresómetro en las probetas cilíndricas de hormigón, nivelar y centrar el compresómetro.
- CUARTO: Colocar las probetas cilíndricas en la prensa hidráulica y centrarlo, verificar nuevamente con el nivel y ajustar cuidadosamente los ejes del compresómetro sin registrar la primera deformación.
- QUINTO: Aplicar una carga continua con una velocidad constante en un rango de  $0.241 \pm 0.034$  Mpa/seg.
- SEXTO: Registrando sin interrupción las lecturas de las cargas aplicadas a cada 1000 kg. juntamente con la lectura de la deformación longitudinal.
- SEPTIMO: Las probetas cilíndricas no deben tener un punto de ruptura simplemente es necesario que llegue a una resistencia adecuada de su diseño requerido para no dañar ni malograr el compresómetro como la prensa hidráulica.

### 3.8. Resultados de las características físicas del vidrio reciclado proveniente de residuos de construcción en el agregado fino:

Los resultados de las características físicas del vidrio reciclado provenientes de residuos de construcción en el agregado fino se han obtenido mediante los ensayos de absorción y el peso unitario, mostrando la influencia del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado.

#### 3.8.1. El vidrio reciclado proveniente de residuos de construcción en la absorción del agregado fino.

Los resultados de la absorción se realizaron bajo el procedimiento de la norma ASTM C-128 mediante el ensayo del picnómetro, en la influencia del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino, como se muestra en la tabla.

**TABLA 3.44**

% de absorción con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

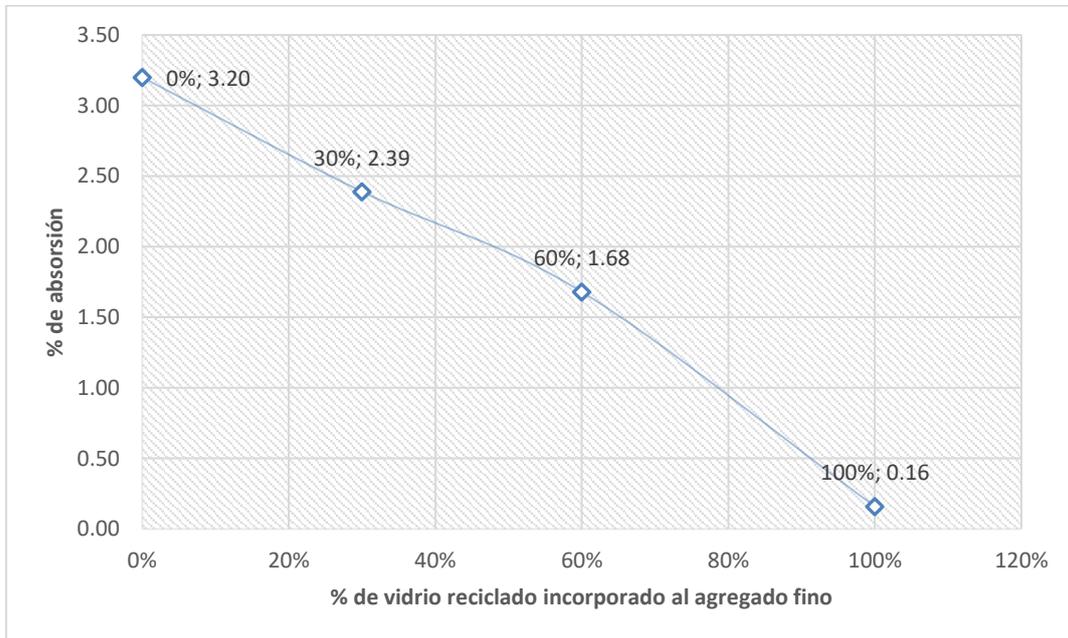
VIDRIO	AG FINO	%
0%	100%	3.20
30%	30%	2.39
60%	60%	1.68
100%	0%	0.16

FUENTE: Elaboración propia.

En el gráfico se muestra la influencia del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino en la absorción. Mostrando como reduce los porcentajes de absorción cuando se le incorpora los porcentajes de vidrio al agregado fino en cada ensayo.

**FIGURA 3.1**

% de absorción del agregado fino con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio.



FUENTE: Elaboración propia.

- El % de absorción con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino es 3.20%.
- El % de absorción con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino es 2.39%.
- El % de absorción con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino es 1.68%.
- El % de absorción con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino es 0.16%.

### 3.8.2. El vidrio reciclado proveniente de residuos de construcción en el peso unitario del agregado fino.

Los resultados del peso unitario se realizaron bajo el procedimiento de la norma ASTM C-29 mediante el ensayo de máximos y mínimos del agregado fino, incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio, hallando los valores del peso unitario suelto y peso unitario varillado.

#### A. Resultados del peso unitario suelto:

Los resultados del peso unitario suelto del agregado fino incorporado con el 0%,

30%, 60% y 100% de vidrio, se muestran en la tabla

**TABLA 3.2**

Peso unitario suelto con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

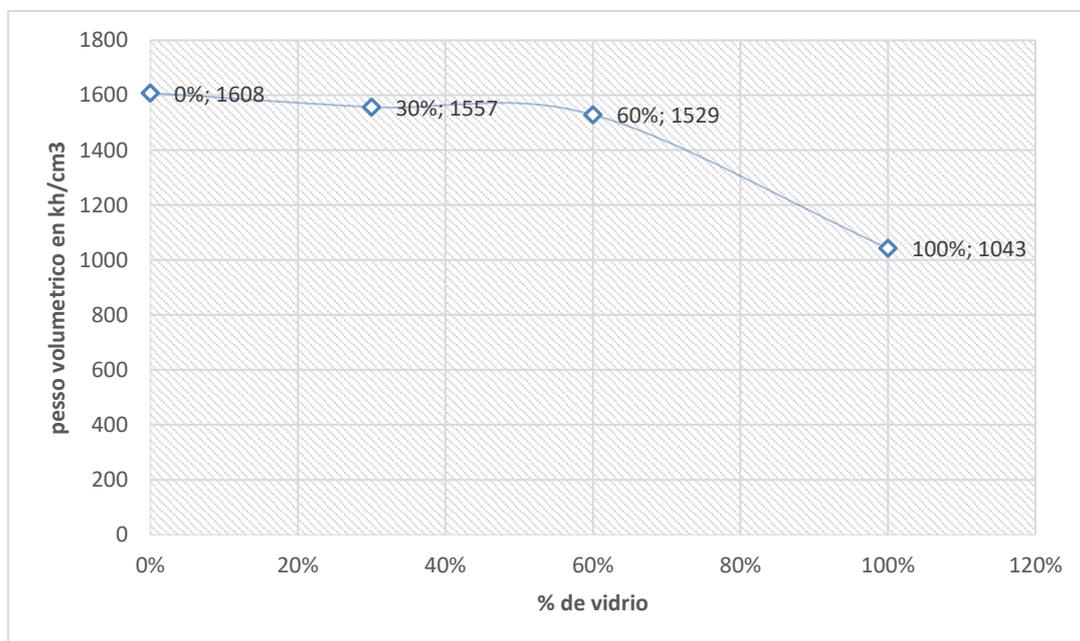
VIDRIO	AG FINO	PU SUELTO
0%	100%	1607.56
30%	70%	1556.63
60%	40%	1529.32
100%	0%	1042.69

FUENTE: Elaboración propia.

En el gráfico se muestra la influencia del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino en el peso unitario suelto. Mostrando como reduce el peso de una manera considerable, cuando se le incorpora los porcentajes de vidrio al agregado fino en cada ensayo.

**FIGURA 3.2**

Peso unitario suelto del agregado fino incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio.



FUENTE: Elaboración propia.

- El peso unitario suelto con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino es 1608 kg/cm<sup>3</sup>.

- El peso unitario suelto con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino es  $1557 \text{ kg/cm}^3$ .
- El peso unitario suelto con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino es  $1529 \text{ kg/cm}^3$ .
- El peso unitario suelto con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino es  $1043 \text{ kg/cm}^3$ .

B. Resultado del peso unitario varillado:

Los resultados del peso unitario varillado del agregado fino incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio, se muestran en la tabla.

**TABLA 3.46**

Peso unitario varillado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

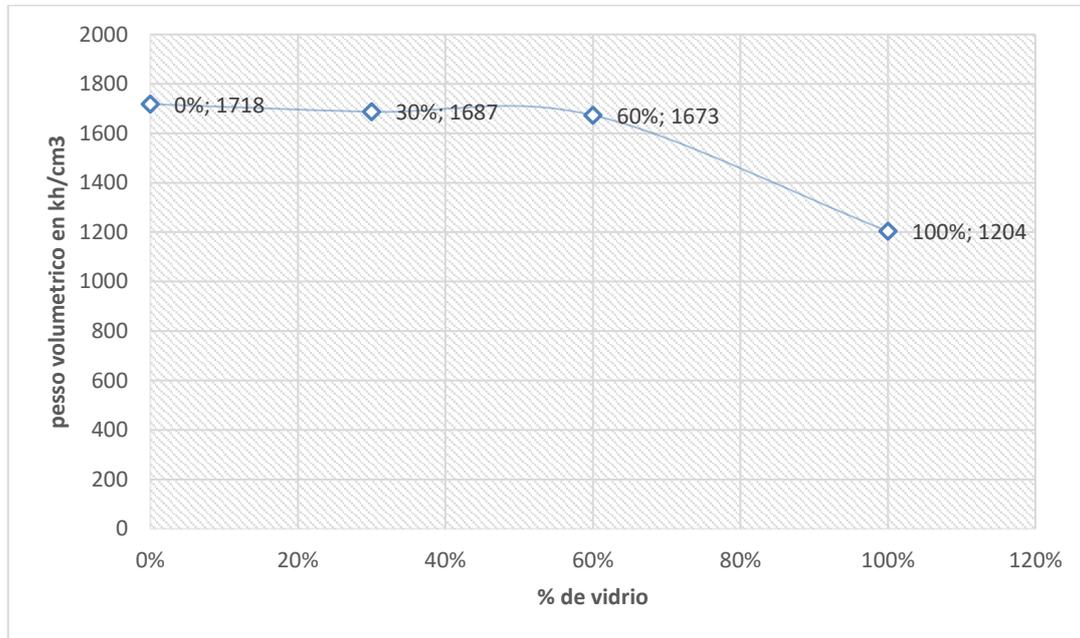
<b>VIDRIO</b>	<b>AG FINO</b>	<b>PU VARILLADO</b>
0%	100%	1717.77
30%	70%	1686.69
60%	40%	1672.70
100%	0%	1204.24

FUENTE: Elaboración propia.

En el gráfico se muestra la influencia del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino en el peso unitario varillado. Mostrando como reduce los pesos de una manera considerable, cuando se le incorpora los porcentajes de vidrio al agregado fino en cada ensayo.

**FIGURA 3.3**

Peso unitario varillado del agregado fino incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio.



FUENTE: Elaboración propia.

- El peso unitario varillado con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino es 1718 kg/cm<sup>3</sup>.
- El peso unitario varillado con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino es 1687 kg/cm<sup>3</sup>.
- El peso unitario varillado con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino es 1673 kg/cm<sup>3</sup>.
- El peso unitario varillado con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino es 1204 kg/cm<sup>3</sup>.

### 3.9. Resultado de ensayos mecánicos:

Los resultados se obtienen mediante los ensayos mecánicos  $f'_c$ ,  $M_r$ ,  $E_c$ , realizados en el laboratorio de suelos de la UANCV, mostrando las variaciones del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino, para la dosificación de cada ensayo

mecánico, según al diseño d mezcla de concreto.

### 3.9.1. Resistencia a compresión.

Los resultados de la resistencia a la compresión se realizaron bajo el procedimiento de la NTP 339.034.

Mostrando las diferencias entre los resultados de resistencia a la compresión, cuando el agregado fino tiene contenido remplazado del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso.

Haciendo la comparación de  $f'c$  de  $210 \text{ kg/cm}^2$  del diseño de mezcla, con el  $f'c$  cuando el agregado fino está incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio en peso, en las edades de 7,14 y28 días calendarios.

A. Resultado de  $f'c$  a los 7 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados promedios de  $f'c$  a los 7 días cuando el agregado fino es incorporado con el 0% 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso, haciendo las diferencias y comparaciones correspondientes.

**TABLA 3.47**

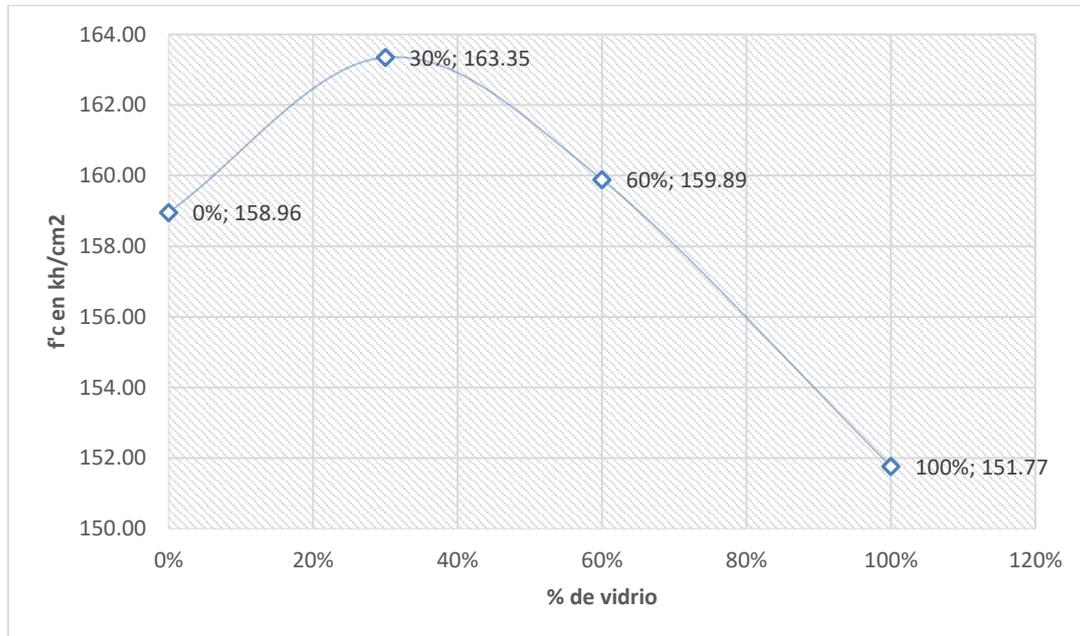
Resumen de  $f'c$  a los 7 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	7 días de edad			
		Esf. Rotura kg/cm <sup>2</sup>	Promedio de Esf. Rotura	$f'c$ kg/cm <sup>2</sup>	%
<b>0% Vidrio Mezcla estándar</b>	1	162.83			
	2	155.24	158.96	210	75.70%
	3	158.81			
<b>30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	158.41			
	2	164.56	163.35	210	77.78%
	3	167.07			
<b>60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	165.01			
	2	157.76	159.89	210	76.14%
	3	156.90			
<b>100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	156.23			
	2	150.56	151.77	210	72.27%
	3	148.51			

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.4**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en la  $f_c$  a los 7 días de edad.



FUENTE: Elaboración propia.

- La resistencia a la compresión a los 7 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de  $158.96 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 7 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de  $163.35 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 7 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de  $159.89 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 7 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de  $151.77 \text{ kg/cm}^2$ .

B. Resultados de  $f_c$  a los 14 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados promedio de  $f_c$  a los 14 días cuando el agregado fino es incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso, haciendo las diferencia y comparaciones correspondientes.

**TABLA 3.48**

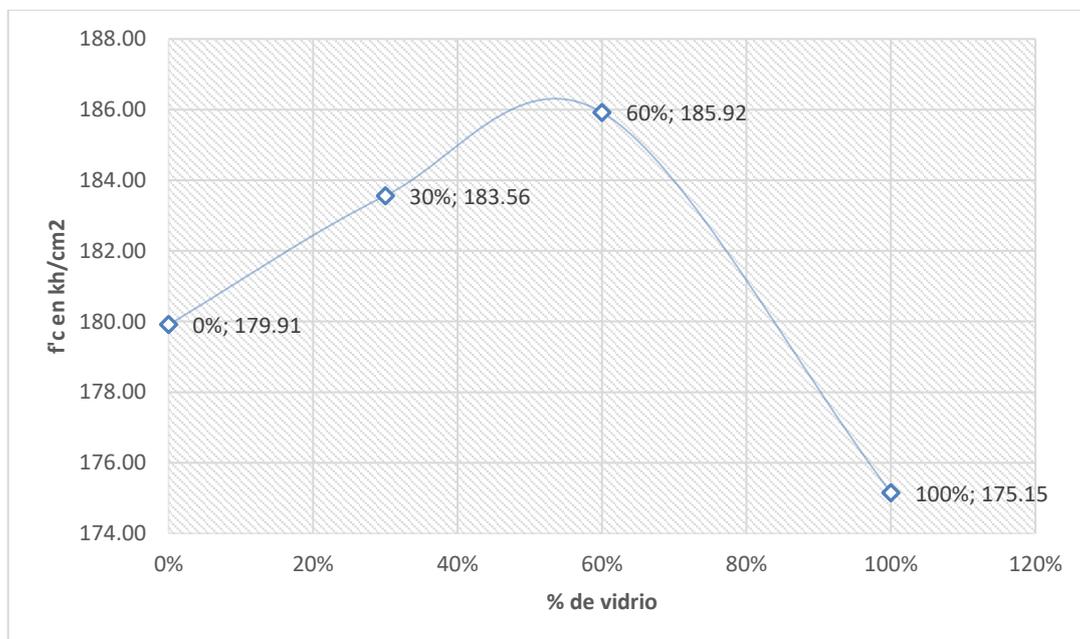
Resumen de  $f'c$  a los 14 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	14 días de edad			
		Esf. Rotura kg/cm <sup>2</sup>	Promedio de Esf. Rotura	$f'c$ kg/cm <sup>2</sup>	%
0% Vidrio Mezcla estándar	1	179.10	179.91	210	85.67%
	2	174.40			
	3	186.23			
30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino	1	174.41	183.56	210	87.41%
	2	186.13			
	3	190.13			
60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino	1	190.99	185.92	210	88.53%
	2	180.73			
	3	186.05			
100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino	1	178.60	175.15	210	83.41%
	2	173.20			
	3	173.66			

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.5**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en la  $f'c$  a los 14 días de edad.



FUENTE: Elaboración propia.

- La resistencia a la compresión a los 14 días con el 0% de vidrio incorporado

al agregado fino llega a un promedio de 179.91 kg/cm<sup>2</sup>.

- La resistencia a la compresión a los 14 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 183.56 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión a los 14 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 185.92 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión a los 14 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 175.15 kg/cm<sup>2</sup>.

C. Resultados de  $f'c$  a los 28 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados promedios de  $f'c$  los 28 días cuando el agregado fino es incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso, haciendo las diferencias y comparaciones correspondientes.

**TABLA 3.49**

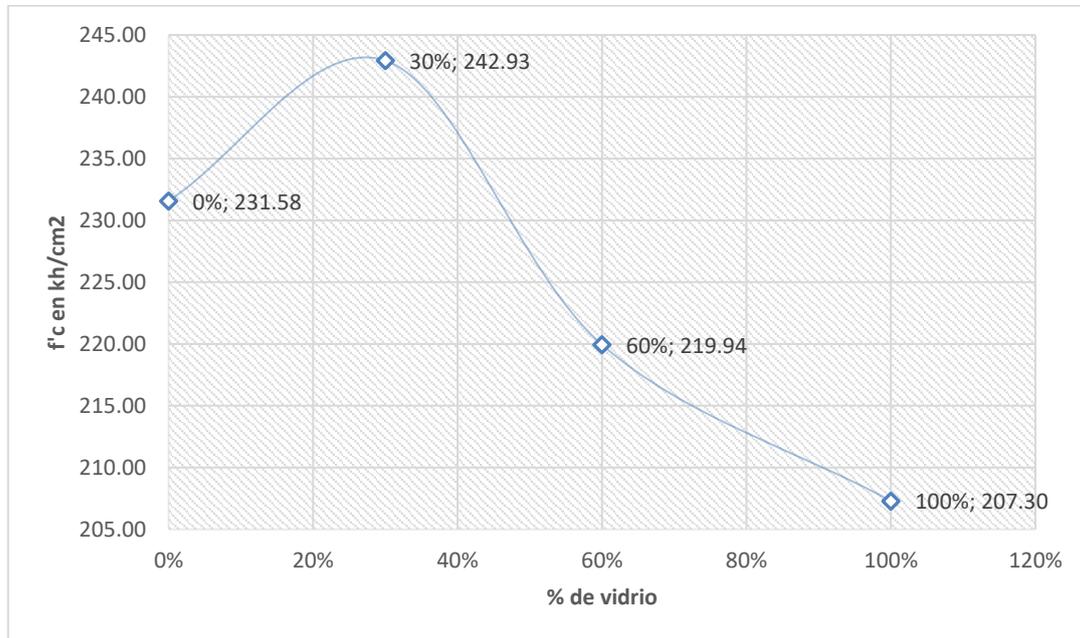
Resumen de  $f'c$  a los 28 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	28 días de edad			
		Esf. Rotura kg/cm <sup>2</sup>	Promedio de Esf. Rotura	$f'c$ kg/cm <sup>2</sup>	%
<b>0% Vidrio Mezcla estándar</b>	1	237.71			
	2	225.40	231.58	210	110.28%
	3	231.64			
<b>30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	241.98			
	2	236.47	242.93	210	115.68%
	3	250.35			
<b>60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	220.66			
	2	218.98	219.94	210	104.73%
	3	220.17			
<b>100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	203.52			
	2	203.61	207.30	210	98.71%
	3	214.77			

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.6**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en la  $f'c$  a los 28 días de edad.



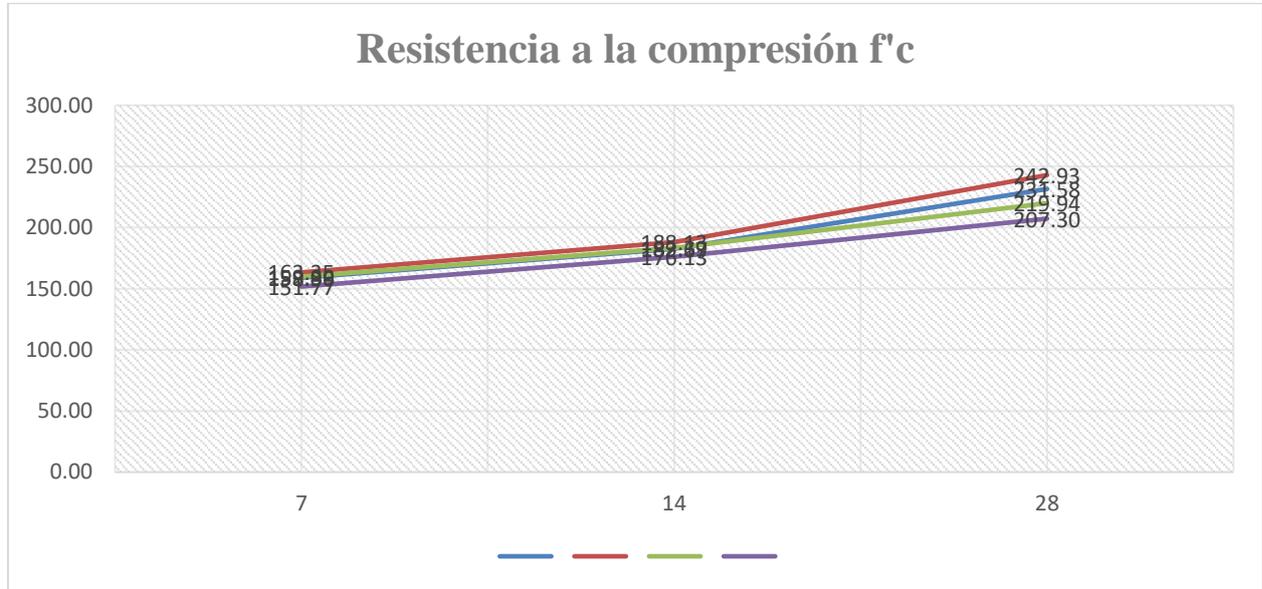
FUENTE: Elaboración propia.

- La resistencia a la compresión a los 28 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de  $231.58 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 28 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de  $242.93 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 28 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de  $219.94 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 28 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de  $207.30 \text{ kg/cm}^2$ .

En la gráfica se muestra el comportamiento de  $f'c$  a los 7, 14 y 28 días de edad, con la afluencia del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

**FIGURA 3.7**

Resumen de  $f'c$  en las edades 7, 14 y 28 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.



FUENTE: Elaboración propia.

- La resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 151.77 y 207.30  $\text{kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 163.35 y 242.93  $\text{kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 159.89 y 219.94  $\text{kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión a los 7 y 28 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 158.96 y 231.58  $\text{kg/cm}^2$ .

### 3.9.2. Resistencia a flexión.

El ensayo a flexión se realizó bajo el procedimiento de la NTP 339.078. Conocida más como a norma ASTM C-078, cargada en el punto tercios de la viga.

Se muestra las diferencias entre los resultados de resistencia a la flexión, cuando

el agregado fino tiene contenido reemplazado del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso.

Haciendo la comparación de la  $f'c$  de  $210 \text{ kg/cm}^2$  del diseño de mezcla con el  $M_r$  cuando el agregado fino está incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio en peso, en las edades d 7, 14 y 28 días calendarios.

A. Resultado de  $M_r$  a los 7 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados promedios de  $M_r$  a los 7 días cuando el agregado fino es incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso haciendo las diferencias y comparaciones correspondientes.

**TABLA 3.50**

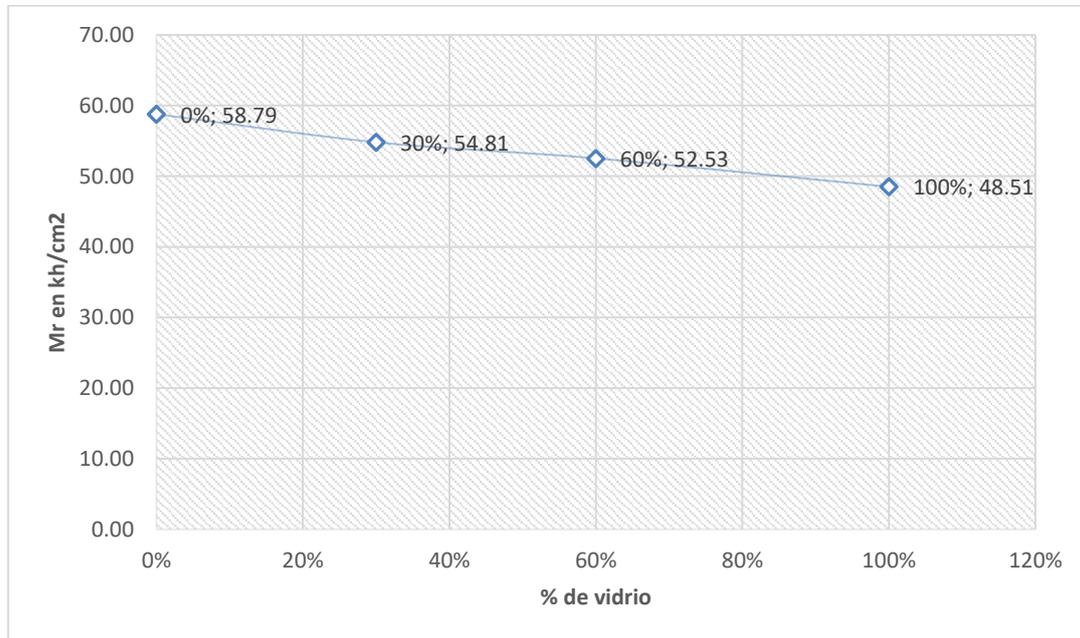
Resumen de  $M_r$  a los 7 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	7 días de edad			
		Esf. Rotura $\text{kg/cm}^2$	Promedio de Esf. Rotura	$f'c \text{ kg/cm}^2$	%
0% Vidrio Mezcla estándar	1	59.41	58.79	210	27.99%
	2	60.75			
	3	54.90			
	4	60.08			
30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino	1	57.30	54.81	210	26.10%
	2	57.96			
	3	58.46			
	4	45.51			
60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino	1	57.31	52.53	210	25.01%
	2	41.36			
	3	54.56			
	4	56.88			
100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino	1	48.15	48.51	210	23.10%
	2	45.74			
	3	49.52			
	4	50.64			

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.8**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Mr a los 7 días de edad.



FUENTE: Elaboración propia.

- El módulo de rotura a los 7 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 58.79 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 7 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 54.81 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 7 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 52.53 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 7 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 48.51 kg/cm<sup>2</sup>.

B. Resultado de Mr a los 14 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados promedios de Mr a los 14 días cuando el agregado fino es incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso, haciendo las diferencias y comparaciones correspondientes.

**TABLA 3.51**

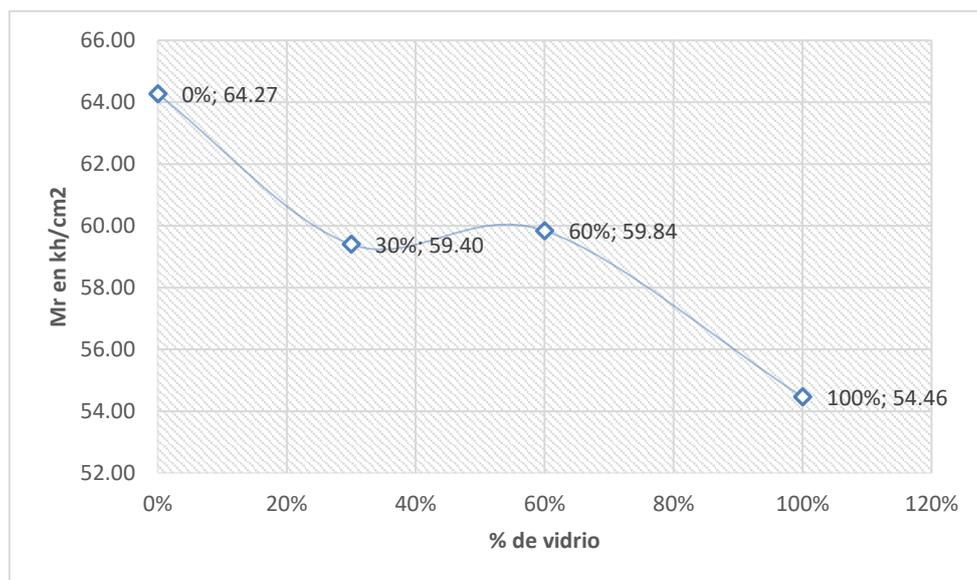
Resumen de Mr a los 14 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	14 días de edad			
		Esf. Rotura kg/cm <sup>2</sup>	Promedio de Esf. Rotura	f'c kg/cm <sup>2</sup>	%
<b>0% Vidrio Mezcla estándar</b>	1	63.51	64.27	210	30.60%
	2	66.00			
	3	63.53			
	4	64.04			
<b>30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	49.07	59.40	210	28.28%
	2	63.41			
	3	62.91			
	4	62.20			
<b>60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	60.52	59.84	210	28.49%
	2	61.30			
	3	58.19			
	4	59.33			
<b>100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	55.42	54.46	210	25.93%
	2	57.52			
	3	54.72			
	4	50.17			

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.9**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Mr a los 14 días de edad.



FUENTE: Elaboración propia.

- El módulo de rotura a los 14 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 64.27 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 14 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 59.40 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 14 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 59.84 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 14 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 54.46 kg/cm<sup>2</sup>.

C. Resultado de Mr a los 28 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados promedios de Mr a los 28 días cuando el agregado fino es incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso, haciendo las diferencias y comparaciones correspondientes.

**TABLA 3.52**

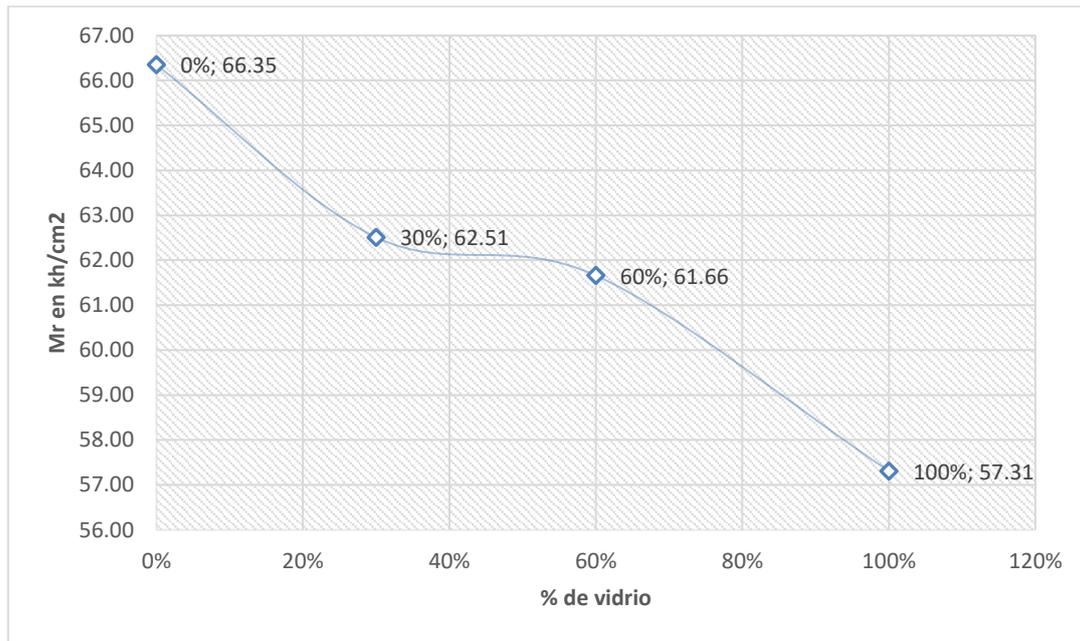
Resumen de Mr a los 28 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	28 días de edad			
		Esf. Rotura kg/cm <sup>2</sup>	Promedio de Esf. Rotura	f'c kg/cm <sup>2</sup>	%
<b>0% Vidrio Mezcla estándar</b>	1	67.99	66.35	210	31.60%
	2	61.78			
	3	68.23			
	4	67.40			
<b>30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	66.05	62.51	210	29.77%
	2	67.03			
	3	66.95			
	4	50.01			
<b>60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	64.61	61.66	210	29.36%
	2	64.10			
	3	53.14			
	4	64.77			
<b>100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	62.34	57.31	210	27.29%
	2	64.88			
	3	40.47			

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.10**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Mr a los 28 días de edad.



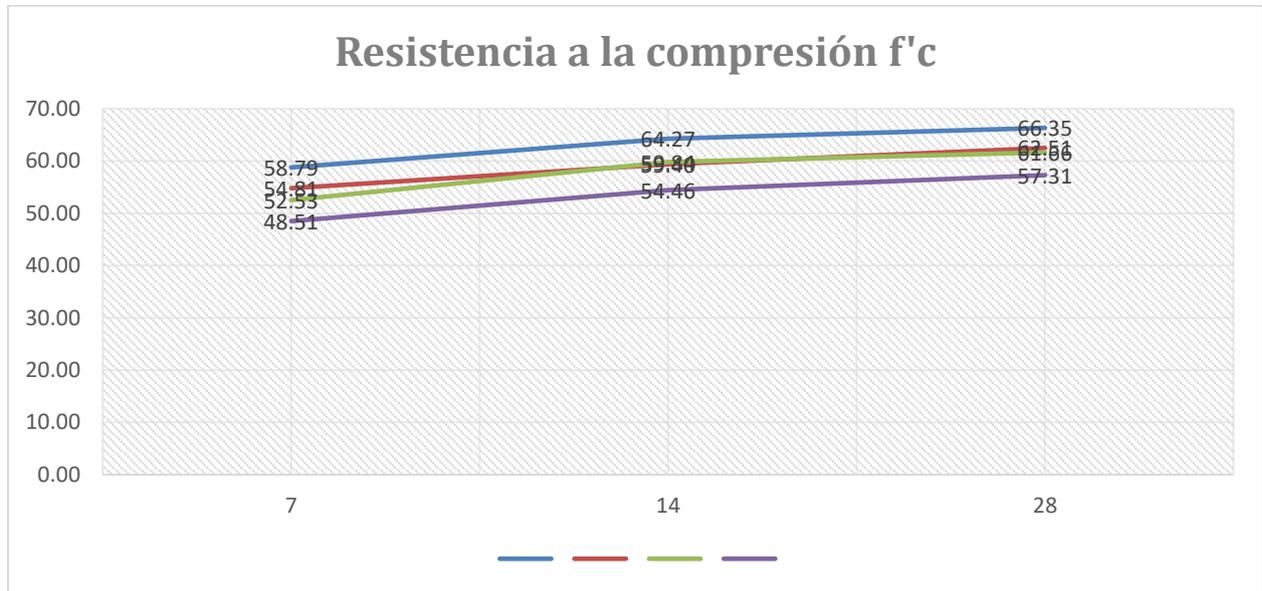
FUENTE: Elaboración propia.

- El módulo de rotura a los 28 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 66.35 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 28 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 62.51 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 28 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 61.66 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 28 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 57.31 kg/cm<sup>2</sup>.

En la gráfica se muestra el comportamiento del Mr a los 7, 14 y 28 días de edad con la influencia del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

**FIGURA 3.11**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Mr a los 7 y 28 días de edad.



FUENTE: Elaboración propia.

- El módulo de rotura a los 7 y 28 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 58.79 y 66.35 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 7 y 28 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 54.81 y 62.51 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 7 y 28 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 52.53 y 61.66 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura a los 7 y 28 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 48.51 y 57.31 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.9.3. Módulo de elasticidad.

El ensayo de módulo de elasticidad se realizó bajo al procedimiento de la norma ASTM C-469, aplicando una fuerza de compresión constante haciendo que esta produzca deformaciones unitarias en la parte transversal de la zona media de la probeta cilíndrica.

Se muestra las diferencias entre los promedios d los resultados de Ec, cuando el agregado fino tiene contenido remplazado del 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso.

A. Resultado de Ec a los 7 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados promedios de Ec a los 7 días, cuando el agregado fino es incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso.

**TABLA 3.53**

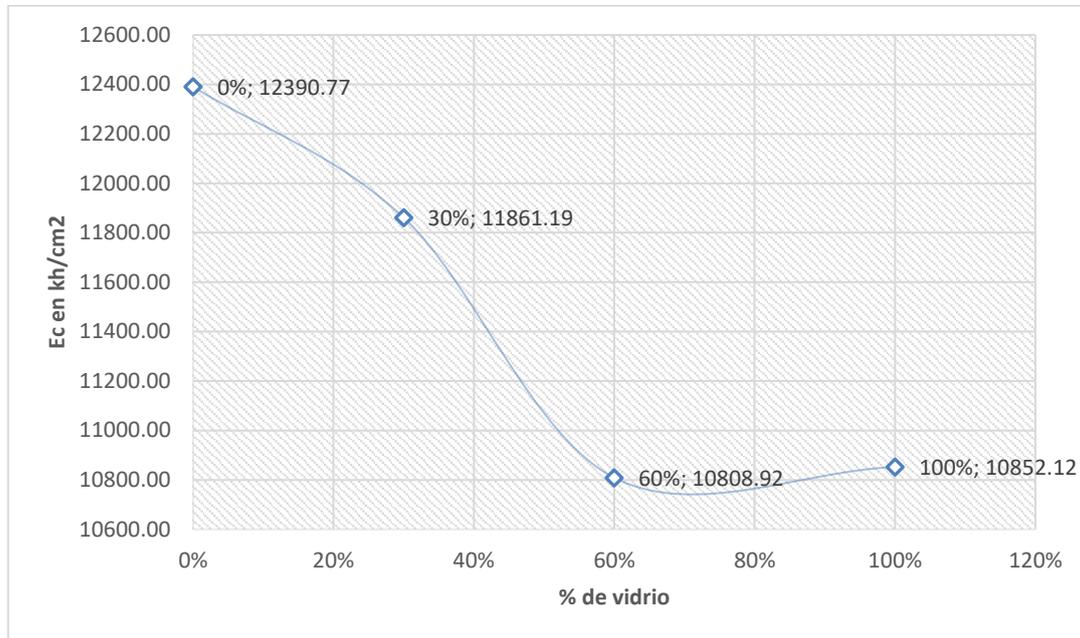
Resumen de Ec a los 7 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	f'c	PROMEDIO	Ec	PROMEDIO
		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
<b>0% Vidrio Mezcla estándar</b>	1	15.05		11827.56	
	2	15.02	15.14	13374.28	12390.77
	3	15.34		11970.46	
<b>30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	15.23		12696.75	
	2	15.21	15.10	11365.3	11861.19
	3	14.85		11521.52	
<b>60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	14.66		11223.69	
	2	14.87	14.75	10657.95	10808.92
	3	14.71		10545.13	
<b>100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	13.79		10702.18	
	2	13.41	13.68	10558.06	10852.12
	3	13.85		11296.11	

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.12**

Influencia de vidrio incorporado al agregado fino en el Ec a los 7 días de edad.



FUENTE: Elaboración propia.

- El módulo de elasticidad a los 7 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 12390.77 MPA.
- El módulo de elasticidad a los 7 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 11861.19 MPA.
- El módulo de elasticidad a los 7 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 10808.92 MPA.
- El módulo de elasticidad a los 7 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 10852.12 MPA.

B. Resultado de Ec a los 14 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados promedios de Ec a los 14 días, cuando el agregado fino es incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso.

**TABLA 3.54**

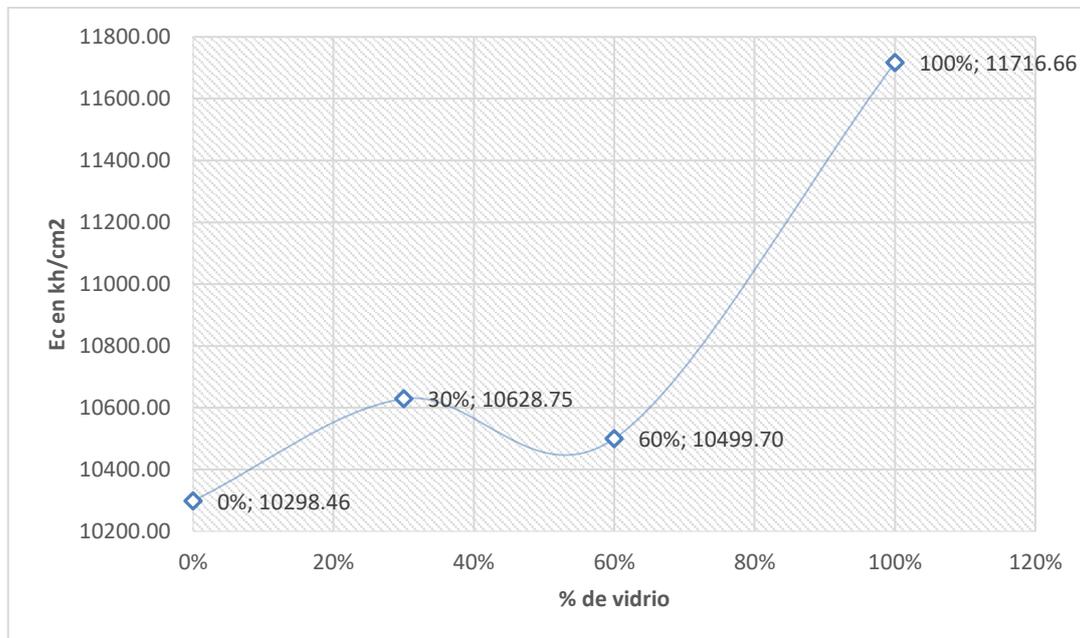
Resumen de Ec a los 14 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	f'c	PROMEDIO	Ec	PROMEDIO
		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
<b>0% Vidrio Mezcla estándar</b>	1	17.16		10018.87	
	2	16.59	17.01	10048.28	10298.46
	3	17.28		10828.23	
<b>30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	17.05		10347.94	
	2	16.87	17.21	11135.22	10628.75
	3	17.71		10403.08	
<b>60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	17.09		10394.96	
	2	16.90	17.00	10107.03	10499.70
	3	17.00		10997.12	
<b>100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	15.00		12930.63	
	2	14.94	14.90	11305.94	11716.66
	3	14.77		10913.41	

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.13**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Ec a los 14 días de edad.



FUENTE: Elaboración propia.

- El módulo de elasticidad a los 14 días con el 0% de vidrio incorporado al

agregado fino llega a un promedio de 10298.46 MPA.

- El módulo de elasticidad a los 14 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 10628.75 MPA.
- El módulo de elasticidad a los 14 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 10499.70 MPA.
- El módulo de elasticidad a los 14 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 11716.66 MPA.

C. Resultado de Ec a los 28 días de edad:

En la tabla se muestra los resultados de Ec a los 28 días, cuando el agregado fino es incorporado con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso.

**TABLA 3.55**

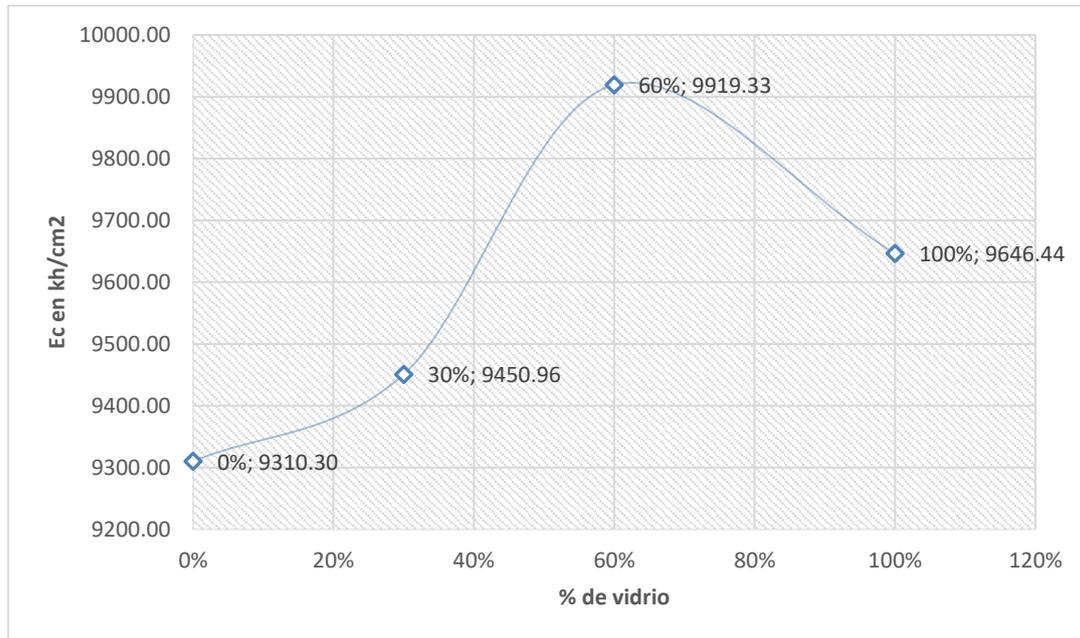
Resumen de Ec a los 28 días con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino.

Mescla de concreto	N° Probeta	f'c	PROMEDIO	Ec	PROMEDIO
		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
<b>0% Vidrio Mezcla estándar</b>	1	22.07		9385.07	
	2	21.86	22.03	9460.40	9310.30
	3	22.17		9085.44	
<b>30% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	21.60		9568.94	
	2	22.11	21.93	9047.29	9450.96
	3	22.09		9736.64	
<b>60% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	19.84		9066.28	
	2	19.79	19.92	10007.12	9919.33
	3	20.13		10684.60	
<b>100% Vidrio Incorporado al Ag. Fino</b>	1	17.56		9152.86	
	2	18.21	18.20	9421.56	9646.44
	3	18.83		10364.91	

FUENTE: Elaboración propia.

**FIGURA 3.14**

Influencia del vidrio incorporado al agregado fino en el Ec a los 28 días de edad.



FUENTE: Elaboración propia.

- El módulo de elasticidad a los 28 días con el 0% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 9310.30 MPa.
- El módulo de elasticidad a los 28 días con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 9450.96 MPa.
- El módulo de elasticidad a los 28 días con el 60% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 9919.33 MPa.
- El módulo de elasticidad a los 28 días con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino llega a un promedio de 9646.44 MPa.

### 3.10. Resultado de observaciones:

Aspecto económico: Para afirmar que el vidrio puede ser utilizado en el sector construcción no solo basta con ver el aspecto técnico, también se debe verificar su viabilidad económica. El análisis de los objetivos anteriores nos lleva a la conclusión de que el uso de vidrio aumenta el valor de  $f'_c$  para la cual fue diseñada la mezcla, por

tanto, se podría reducir costos al disminuir la cantidad de materiales necesarios para alcanzar un mismo  $f'c$  a comparación de un concreto sin vidrio.

Fallas que se podrían presentar: Como toda estructura presenta defectos como fisuras, grietas, aplastamiento, deflexiones y corte lo cual implica que la estructura contenga una mayor cantidad de poros o espacios vacíos, la cual ocasionaría mayor permeabilidad siendo un problema malévolo ya que la humedad puede llegar a oxidar un gran porcentaje del acero contribuyendo a una menor resistencia de la estructura, cabe resaltar la resistencia a la compresión del concreto endurecido.

Se puede usar botellas de vidrio: El vidrio es el único material 100% reciclable, por lo que se puede aprovechar completamente y de forma indefinida. Estas propiedades lo convierten en un material con amplias posibilidades de reutilización que generen menor impacto sobre el medio ambiente.

Uso del vidrio templado: Existe un subtipo, el vidrio armado, en cuyo proceso de laminación se añade una malla metálica para aumentar su resistencia.

Uso del vidrio templado endurecido: Este tipo de vidrio es el más recomendado para su uso como vidrio estructural debido a su buen comportamiento frente a los esfuerzos, otorgando seguridad en la construcción.

- Fase 1: Se calienta el panel de vidrio flotado con todos los bordes y huecos pulidos.
- Fase 2: Se ventila la piel exterior del panel para endurecerla.
- Fase 3: El interior queda caliente y la piel exterior endurecida.
- Fase 4: Se comprime el panel produciendo tracciones en su interior.

Para puentes: Esta mezcla se vuelve completamente rígida en estado endurecido por ende es solicitada para diversas aplicaciones de la ingeniería tales como pilares, cimientos, sobrecimientos, columnas, vigas, losas ya sean enervadas o macizas, puentes, reservorios, entre otros.



Para qué tipo de obras: La versatilidad de aplicación de concreto ha permitido su uso en diferentes tipos de estructuras tales como edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, talleres y casas permitiendo la creación de obras más cómodas y seguras para los seres humanos. El agua y el cemento insumos de concreto, reaccionan hidráulicamente generando una reacción química que al fraguar permite formar el esqueleto de la mezcla.

Estético: E proyecto se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del deterioro y fallas de las estructuras de las edificaciones, obteniendo como resultado construcciones de mejor calidad para la sociedad y mejor apariencia estética.

#### 4. DISCUSIÓN.

**De La Sota (2009).** Realizó seminario de proceso de producción y materiales industriales “El vidrio como material estructurante del mobiliario en Chile”, concluye que la contrastación de la investigación de da de acuerdo a la comparación con las normas que se realizó el diseño estándar, relacionadas con el concreto. De acuerdo a los resultados obtenidos el concreto reciclado no es muy diferente con el concreto tradicional, el color es un poco más claro, pero, en su mayor parte bastante indistinguibles. Por lo tanto, ayuda a reducir la cantidad de vidrio que termina en los vertederos, y ayuda a reducir las emisiones de dióxido de carbono que son comunes, debido a las altas temperaturas necesarias para crear cemento, la temperatura del vidrio que se encuentran en ella, por lo que esta puede permanecer más tiempo en forma líquida.

**Soroushian (2012).** Realizó el estudio de investigación de producción “Tipo de concreto con vidrio molido menos cemento”, concluye que delimita los caracteres de contrastación basada en la teoría de las propiedades experimentales de la investigación, haciendo un concreto hidráulico moderno para veredas. De acuerdo a los resultados del vidrio molido entra en una relación beneficiosa con los hidratos del cemento así que básicamente, la química se mejora con el vidrio, se hace más fuerte, más durable y no absorbe el agua como el cemento regular. Por lo tanto, el descubrimiento del nuevo tipo de concreto, el cual lleva en su composición vidrio molido, lo que hace que el concreto sea más fuerte, más durable y más resistente al agua.

**Quispe (2010).** En la tesis presentada para la obtención de título de Ingeniero Civil “Influencia del uso del vidrio molido como sustituyente parcial del cemento en la durabilidad del concreto endurecido”, concluye que la contrastación de los datos obtenidos de acuerdo a la comparación que se realizado con el diseño de mezcla normal y el diseño de

sustitución del vidrio molido por el cemento haciendo cuadros estadísticos y comparativos.

De acuerdo a los resultados del diseño del concreto con la influencia del vidrio molido, sustituyendo al 10% del cemento no dio resultado con la resistencia de dicha dosificación.

Por lo tanto, la utilización del vidrio molido incorporado al 10% del cemento Rumi IP, es más liviano y pierde resistencia en porcentajes mínimas.

**Poma (2010).** En la tesis presentada para la obtención de título de Ingeniero Civil “Reciclaje de los materiales de construcción en la ciudad de Juliaca”, concluye que determinar las ventajas que ofrecen la adición del reciclaje de los materiales de construcción. De acuerdo a los resultados considerablemente son aceptables para un concreto simple. Por lo tanto, la reutilización y el reciclaje de los residuos de construcción a lo largo de la vida de los edificios y las infraestructuras es una de las estrategias fundamentales para alcanzar la sostenibilidad de una construcción y la reducción a los problemas ambientales.

**Adco (2011).** En la tesis presentada para la obtención de título de Ingeniero Civil “Análisis y evaluación de diseño de mezclas adicionando fibras de vidrio”, concluye que es un estado experimental la investigación del vidrio molido sustituyente en un porcentaje del 10% parcialmente al cemento para la durabilidad del concreto. De acuerdo a los resultados el cemento se procesa a una temperatura muy alta. Por lo tanto, esta experimentación de sustitución parcial el vidrio molido con el cemento en el concreto de color mezclado, que se basa en los principios químicos.

## 5. CONCLUSIONES.

### **Primera conclusión:**

El % de absorción obtenido del agregado fino incorporado con el 0% 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso disminuye considerablemente reteniendo poca agua cuando se utiliza más cantidad de vidrio reciclado.

Obteniendo 3.20% de absorción sin la utilización del vidrio reciclado y obteniendo un 0.16% de absorción con el 100% de vidrio incorporado por completo al agregado fino de manera que cuando el vidrio es incorporado al 100% del agregado fino la absorción disminuye 3.04%. Por lo que se concluye que el vidrio reciclado tiene una absorción mínima en cuanto al agregado fino.

### **Segunda conclusión:**

El peso unitario suelto y varillado obtenido del agregado fino incorporado con 1 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio reciclado en peso, disminuye considerablemente, obteniendo pesos más livianos cuando se utiliza más cantidad de vidrio reciclado.

Obteniendo 16.56 kg/m<sup>3</sup> de PU suelto y 1717.77 kg/m<sup>3</sup> de PU varillado del agregado fino estándar sin la incorporación del vidrio y con la incorporación del vidrio al agregado fino en un 100% es 1042.69 kg/m<sup>3</sup> de PU suelto y 1204.14 kg/m<sup>3</sup> de PU varillado.

Concluyendo que el PU suelto y varillado del agregado fino incorporado al 100% del vidrio reciclado es menor que el PU suelto y varillado del agregado fino estándar.

### **Tercera conclusión:**

La resistencia a la compresión obtenida del diseño de mezcla con la influencia del vidrio incorporado al agregado fino es próxima a la resistencia especificada del diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Obteniendo una  $f'c$  de 242.93 kg/cm<sup>3</sup> a los 28 días de edad con el 30% de vidrio reciclado incorporado al agregado fino en el diseño de mezcla aumentando

considerablemente más que el diseño de mezcla que es  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

La resistencia a la compresión se consiguió próximas de la resistencia especificada.

Se determinó la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) de las probetas cilíndricas estándar para determinar su resistencia última elaborándose 3 briquetas estándar con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino en las edades de 7, 14 y 28 días.

La resistencia promedio se obtuvo de acuerdo a la NTP 339.035, obteniendo los resultados a los 7 días;  $158.96 \text{ kg/cm}^2$ ,  $163.35 \text{ kg/cm}^2$ ,  $159.89 \text{ kg/cm}^2$ ,  $151.77 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días;  $179.91$

$\text{kg/cm}^2$ ,  $183.56 \text{ kg/cm}^2$ ,  $185.92 \text{ kg/cm}^2$ ,  $175.15 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días;  $231.58 \text{ kg/cm}^2$ ,  $242.93 \text{ kg/cm}^2$ ,  $219.94 \text{ kg/cm}^2$ ,  $207.30 \text{ kg/cm}^2$ .

Obteniendo un resultado óptimo con el 30% de vidrio incorporado al agregado fino, alcanzando 115.68% de  $f'c$  y 3.93% más que la resistencia estándar a los 28 días.

#### **Cuarta conclusión:**

Se determinó la resistencia a la flexión ( $M_r$ ) de vigas, para determinar el módulo de rotura del concreto elaborándose 4 vigas de  $15 \times 15 \times 51 \text{ cm}$ , con el 0%, 30%, 60% y 100% de vidrio incorporado al agregado fino en las edades de 7, 14 y 28 días.

La resistencia promedio del módulo de rotura se obtiene de acuerdo a la norma ASTM C-78, obteniendo los resultados; a los 7 días  $58.79 \text{ kg/cm}^2$ ,  $54.81 \text{ kg/cm}^2$ ,  $52.53 \text{ kg/cm}^2$ ,  $48.51 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días  $64.27 \text{ kg/cm}^2$ ,  $59.40 \text{ kg/cm}^2$ ,  $59.84 \text{ kg/cm}^2$ ,  $54.46 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días  $66.35 \text{ kg/cm}^2$ ,  $62.51 \text{ kg/cm}^2$ ,  $61.66 \text{ kg/cm}^2$ ,  $57.31 \text{ kg/cm}^2$ .

Los resultados de la resistencia a la flexión fueron bajas y en escala descendiente del concreto estándar, llegando con el 30% de vidrio al 29.77%, con el 60% y con el 100% de vidrio incorporado al agregado fino al 27.29% a los 28 días, teniendo una mínima diferencia con el concreto estándar de 1.83%, 4.31% siendo estos resultados eficientes y aceptables de acuerdo a la norma ASTM C- 78

---

### Quinta conclusión:

Se determinó el módulo de elasticidad ( $E_c$ ) según la norma ASTM C-469 del concreto, con la influencia del vidrio molido granulado en porcentajes del 0%, 30%, 60% y 100%, incorporado al agregado fino para la elaboración de probetas cilíndricas estándar.

Se estableció la relación entre el esfuerzo y deformación del concreto para una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  en las edades 7, 14 y 28 días permitiendo obtener los resultados, gráficos y ecuaciones planteadas.

El concreto se hace más elástico al incorporar el 30%, 60% y 100% de vidrio molido granulado, sustituyendo al agregado fino, siendo los resultados a los 7 días 12390.77 Mpa, 11861.19 Mpa, 10808.92 Mpa, 10852.12 Mpa, a los 14 días 10298.46 Mpa, 10628.75 Mpa, 10499.70 Mpa, 11716.66 Mpa, a los 28 días 9310.30 Mpa, 9450.96 Mpa, 9919.33 Mpa, 9646.44 Mpa.

Los resultados de  $E_c$  experimental no alcanzo al  $E_c$  teórico, pudiendo haber fallas con el compresómetro al no ser fijados bien en la probeta cilíndrica estándar, siendo este el motivo por el cual no son considerados los datos de  $E_c$  experimental.

## 6. RECOMENDACIONES.

Se recomienda a utilizar los materiales provenientes de la cantera Unocolla, teniendo un proceso adecuado para cumplir con las normas de calidad, así mismo pueden ser utilizados para la elaboración de construcciones importantes u hormigones de alta resistencia.

Se recomienda realizar las pruebas acústicas, térmicas y ensayos dinámicos, para conocer a fondo este tipo de concreto y llegar a inferir sobre las aplicaciones que podrían llegar a tener el nivel de productividad.

Se recomienda a realizar estudios con el porcentaje de sustitución del 30% de vidrio para una resistencia a compresión, variando la relación  $a/c$ , para lograr concretos con similares características, buscando disminuir el impacto negativo de los resultados de los ensayos.

Se podría realizar nuevos ensayos utilizando aditivos que permitan mayor cohesión entre las partículas del vidrio molido.

Se recomienda a utilizar las ecuaciones y gráficas planteadas de esta investigación para el cálculo del Módulo de Elasticidad estático experimental del concreto, siempre y cuando se le influya el vidrio reciclado de procedencias de residuos de construcción.

Se recomienda a los Ingenieros tomar en consideración la importancia que tiene el vidrio reciclado en el concreto con los cuales pueden realizar de la misma manera sus diseños estructurales, ya que estos valores varían de acuerdo a las características de la influencia del vidrio reciclado y del cemento que se utilice.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguilar, C., Muñoz, M. P. & Loyola, O. (2005).** *Uso de hormigones reciclados para la fabricación de hormigones.* Revista ingeniería de construcción.
- Aguille Villacis, D. (2008).** *Estudio y ensayos de laboratorio del plástico como elemento constructor.* Tesis de diseño de construcción de una vivienda. Trujillo – Perú.
- Alcaide, J. (1999).** *Residuos de construcción y demolición.* Globo – España.
- Alegre Adco, J. (2011).** *Análisis y evaluación de diseño de mezclas adicionando fibras de vidrio.* Tesis de investigación. UANCV – Juliaca – Puno – Perú.
- Amet Azan, G. K. (1997).** *Propuesta de equipamiento para el reciclaje de los desechos de construcción.* Trabajo de diploma. UCLV – Cuba.
- Amores, J. C. (1999).** *Procedimiento y reciclaje de productos y materiales de la construcción.* Trabajo de diploma. UCLV – Cuba.
- ASTM (American Society Testing of Materials).** *C-29, 40, 78, 127, 128, 131, 136, 150, 187, 188, 566, 469 – 494.*
- Bedoya, C. M. (1998).** *Confeción del concreto reciclado mediante el aprovechamiento de residuos de la construcción.* Trabajo de grado. UNC – Colombia.
- Campodonico Bustios, J. (2002).** *Análisis del reciclaje de papel y cartón para el concreto en la ciudad de Chiclayo.* Tesis de investigación. UEP – Chiclayo – Perú.
- De La Sotta, P. (2009).** *El vidrio como material estructurante del mobiliario en Chile.* Seminario de procesos de producción y materiales industriales. Universidad de Chile – Chile.
- Enfedaque Díaz, A. (2008).** *Resistencia a impacto de mortero de cemento reforzado con fibras de vidrio (GRC).* Tesis doctoral. UPM – Madrid – España.
- Enrique Rivva, L. (2004).** *“Naturaleza y materiales de concreto”.* II Congreso

---

Internacional de la Construcción y expocon”.

**Espinoza Carbajal, M. J. (2015).** *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*: Maestría en construcciones. UC – Cuenca – Perú.

**García Mesenger, A. (2001).** *Hormigón armado*: Editorial Gustavo Gili, tomo I 14 edición. Barcelona – España.

**Harmsen, T. (2005).** *Diseño de estructuras de concreto armado*: 4ta edición. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú.

**Levy, S. M. (1997).** *Reciclaje de residuos de construcción civil, para la utilización como agregado de mezclas y concretos*: Tesis de maestría. USP – Brasil.

**Loayza Seminario, J. M. (2008).** *Reparación de un muro de albañilería confinada mediante varillas de fibra de vidrio*: Tesis para optar el Título profesional. PUCP – Lima – Perú.

**Lucia, G. (2012).** *Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón*: Estudio experimental. Universidad de Chile.

**Malhado, J. R. (1998).** *Influencia de los agregados gruesos provenientes de reciclaje de desechos de la construcción y demolición*: Congreso de concreto. Ibracon – Sao Paulo – Brasil.

**Manuel Ramírez, C. (1990).** *Módulo de elasticidad estático del concreto*. UNI-IT-CO-31 – Colombia.

**Medina, S. W. (2006).** *Manuel de ensayo de materiales II*. Colombia.

**Montoya, J. (1998).** *Hormigón armado*, tomo II. España.

**Morales, E., Morocho, J. & Porras, E. (2012).** *Determinación del módulo de rotura y deflexiones en vigas de hormigón, fabricado con materiales procedentes de las canteras de Pifo*. San Antonio de Pichincha y Guayllabamba. Tesis UCE – Quito.

**Morales Morales, R. (2014).** *Diseño de concreto armado*. ICG – Perú.

---

**Neville, A. M. (1977).** *Tecnología del concreto*. Editorial Pitman Publishing tomo I 1977.

Instituto mexicano del cemento y del concreto – México.

**Norma E.060 (2015).** *Concreto armado*, RNE – Perú.

**NTP.** *Norma técnica peruana 339.034, 339-078*.

**Parviz Soroushian (2012).** *Tipo de concreto con vidrio molido y menos cemento*.

Universidad de Michigan (MSU) – USA.

**Poma Ramos, F. (2010).** *Estudio para el reciclaje de los materiales de construcción en la ciudad de Juliaca*: Tesis de investigación. UANCV – Juliaca – Puno – Perú.

**Portland Cement Association (2004).** *Diseño y control de mezclas de concreto*. México.

**Quispe Quispe, M. (2010).** *Influencia del uso del vidrio molido como sustituyente parcial del cemento en la durabilidad del concreto endurecido*. Tesis de investigación. UC – Huancayo – Perú.

**Rafael Aldana, O. (2008).** *Estudio experimental de resistencias a compresión del hormigón*: Correlación entre resultados de probetas cúbica y probetas cilíndricas. Universidad de Chile.

**Rosales Guzmán, L. R. (2008).** *Análisis del comportamiento de una viga de concreto armado ensayado a flexión, reforzada con barras de fibra de carbono*: Tesis de investigación. FI-USCG – Guatemala.

**Samuel, L. (2016).** *Diseño de mezclas*. UNA/FICA/EPIC – Perú.

**Villegas, F. (2008).** *Módulos de elasticidad y curvas de esfuerzo deformación, en base a la compresión del hormigón a 21, 28, 35 MPa*. EPE – Sangolquí – Ecuador.

## ANEXOS.

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

<b>PROBLEMA</b>	<b>Problema general:</b> ¿Cómo será la producción del concreto estructural con la reutilización de agregados para la construcción de edificaciones en la ciudad de Puno?	<b>Problema específico:</b> ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados, para su reutilización en la producción de concreto estructural de la ciudad de Puno?	¿Cuáles serán los criterios de diseño de mezclas con la adición de agregados reciclados, para su reutilización en la producción de concretos estructurales en la ciudad de Puno?	¿Cuál será la resistencia a la compresión del concreto con el uso de agregados reciclados para ser considerados en la producción de concretos estructurales en la ciudad de Puno?
<b>OBJETIVOS</b>	<b>Objetivo general:</b> Analizar la producción del concreto estructural con la reutilización de agregados para la construcción de edificaciones en la ciudad de Puno.	<b>Objetivo específico:</b> Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados, para su reutilización en la producción de concreto estructural de la ciudad de Puno.	Establecer los criterios de diseño de mezclas con la adición de agregados reciclados, para reutilización en la producción de concretos estructurales en la ciudad de Puno.	Determinar la resistencia a la compresión del concreto con el uso de agregados reciclados para ser considerados en la producción de concretos estructurales en la ciudad de Puno.
<b>HIPOTESIS</b>	<b>Hipótesis general:</b> La producción del concreto estructural con la reutilización de agregados es óptima para la construcción de edificaciones en la ciudad de Puno.	<b>Hipótesis específica:</b> Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados, son adecuadas para su reutilización en la producción de concreto estructural de la ciudad de Puno.	Los criterios de diseño de mezclas con la adición de agregados reciclados, son óptimos para su reutilización en la producción de concretos.	
<b>INDICADORES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría.</li> <li>• Peso específico.</li> <li>• Peso unitario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría.</li> <li>• Contenido de humedad.</li> <li>• Porcentaje de absorción.</li> <li>• Peso específico.</li> <li>• Peso unitario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de agregados.</li> <li>• Cantidad de agua.</li> <li>• Cantidad de cemento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>• Resistencia de las muestras.</li> </ul>
<b>METODOLOGIA</b>	<b>TIPO:</b> Cuantitativa, aplicado. <b>NIVEL:</b> Analítico. <b>DISEÑO:</b> Cuasi experimental.	<b>METODO:</b> Deductivo, inductivo. <b>POBLACION:</b> Concretos estructural. Agregados reciclados.	<b>MUESTRA:</b> Probetas o especímenes de concreto. <b>TECNICAS:</b> Ensayos.	<b>INSTRUMENTOS:</b> Certificaciones. Ensayos de laboratorio.



**UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**



**PROPIEDADES FÍSICAS**

**PRESTACIÓN DE SERVICIOS:**  
**“VIDRIO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y SU  
CONTRIBUCIÓN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO –  
PUNO”**

SOLICITA : JORGE LUIS OCORURO BUSTINZA  
FECHA : 14 DE AGOSTO DEL 2020  
MUESTRA : “VIDRIO RECICLADO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN”

RESUMEN DE DOSIFICACION DE LOS MATERIALES EN VOLUMEN		
AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO
CEMENTO	373	373
AGUA	205	209
AGREGADO GRUESO	968	989
AGREGADO FINO	671	688
AIRE	0.02	0.02
RESUMEN DE DOSIFICACION DEL 30% DE VIDRIO		
AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO
CEMENTO	373	373
AGUA	205	209
AGREGADO GRUESO	968	989
AGREGADO FINO 70%	469.70	486.70
VIDRIO RECICLADO 30%	201.30	201.30
AIRE	0.02	0.02
RESUMEN DE DOSIFICACION DEL 60% DE VIDRIO		
AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO
CEMENTO	373	373
AGUA	205	209
AGREGADO GRUESO	968	989
AGREGADO FINO 40%	268.40	285.50
VIDRIO RECICLADO 60%	402.60	402.60
AIRE	0.02	0.02



RESUMEN DE DOSIFICACION DEL 100% DE VIDRIO		
AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO
CEMENTO	373	373
AGUA	205	209
AGREGADO GRUESO	968	989
VIDRIO RECICLADO 100%	671	71
AIRE	0.02	0.02

Ciudad Universitaria Urbanización Taparachi Km 4.5 salida, Juliaca. CEL.: 993714960 [david.supo@gmail.com](mailto:david.supo@gmail.com)

FUENTE: Certificado Laboratorio Mecánica de Suelos UANCV – Juliaca.