



# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup> ADICIONANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211. LIMA 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Julio Alberto Poma Ariza

**Asesor:**

Ing. Mg. Alejandro Vildoso Flores

Lima - Perú

2019

## DEDICATORIA

Se lo dedico en primera instancia a DIOS, por haberme puesto en el camino gente buena que me ha ayudado de manera directa e indirecta a cumplir mi sueño, que es el de ser Ing. Civil, y entre ellos a mis familiares, que han tenido tanta paciencia conmigo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a los profesores de la Universidad Privada del Norte por el apoyo brindado a lo largo de este tiempo en el cual me hicieron ver mis errores y encaminaron mis virtudes para poder aprovecharlos al máximo y poder realizarme como profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
INDICE DE CONTENIDO .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1. Realidad problemática .....	14
1.2. Formulación del problema .....	20
1.2.1. Problema general .....	20
1.2.2. Problemas específicos .....	20
1.3. Objetivos .....	21
1.3.1. Objetivo general .....	21
1.3.2. Objetivos específicos .....	21
1.4. Hipótesis .....	22
1.4.1. Hipótesis general .....	22
1.4.2. Hipótesis específicas .....	22
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación .....	23
2.1.1. Tipo de investigación .....	23
2.1.2. Diseño .....	23
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	25
2.2.1. Población .....	25
2.2.2. Muestra .....	26

2.3. Unidad de Estudio.....	27
2.4. Materiales y Técnicas .....	28
2.4.1. Materiales .....	28
2.4.2. Técnicas.....	29
2.5. Procedimiento de recopilación de datos .....	30
2.6. Ensayos y obtención de materiales .....	31
2.6.1 Obtención y recolección de Vidrio (compra y reciclaje). .....	31
2.6.2 Limpieza de los recipientes de vidrio.....	32
2.6.3 Trituración mecánica para botellas de vidrio. ....	33
2.6.4 Ensayo Granulométrico (NTP 400.012).....	35
2.6.5 Ensayo de Contenido de Humedad (NTP 339.185) .....	40
2.6.6 Ensayo de Peso Unitario (NTP 400.017, 1999) .....	43
2.6.7 Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021) .....	47
2.6.8 Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022) .....	51
2.6.9. Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75 µm (N° 200) en agregados (NTP 400.018, 2002) .....	54
2.6.10. Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035) .....	56
2.6.11. Peso unitario del concreto fresco (NTP 339.046, 2008) .....	58
2.6.12. Temperatura de mezclas frescas del concreto (NTP 339.184, 2002).....	59
2.6.13 Esfuerzo a compresión en muestras cilíndricas de concreto (NTP 339.034, 2008) .....	59
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
3.1. Análisis Descriptivo.....	63
3.2. Análisis Inferencial .....	65
3.2.1. Prueba de Hipótesis .....	65
3.3. Hipótesis General.....	65
Hipótesis específica 1 .....	66
Hipótesis específica 2 .....	72
Hipótesis específica 3.....	74
<b>CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>

4.1. Discusión.....	86
4.2. Conclusiones .....	87
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>
Anexo 1. Estadística de los sismos registrados en el territorio peruano del 2005 al 2017. ..	98
Anexo 2. Estadística de La generación de residuos sólidos desde el 2000 al 2016.....	98
Anexo 4. Agitador Mecánico del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería UNI-LEM.	99
Anexo 5. Ficha de contenido de humedad para ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería. ....	100
Anexo 6. Ficha de peso unitario para ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería. ....	101
Anexo 7. Ficha de absorción en agregados para ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería. ....	102
Anexo 8. Molde de ensayo para asentamiento.....	103
Anexo 9. Ficha de granulometría de agregados para ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería.....	104
Anexo 10. Resultados de absorción en agregados finos, ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería. ....	105
Anexo 11. Diseño de mezcla elaborado en el Laboratorio de la Universidad de Ingeniería. ....	106
Anexo 12. EPPS (Equipo de Protección Personal de Seguridad).....	107
Anexo 13. Maquinaria para trabajo de campo Moledora de vidrio. ....	108
Anexo 14. Instalaciones del Laboratorio. ....	110
Anexo 15. Solicitud para el uso de instalaciones de institución a institución. ....	111
Anexo 16. Orden de servicio. ....	112
Anexo 17. Ficha de solicitud de ensayos. ....	113

Anexo 18. Ficha de solicitud de ensayos.....	114
Anexo 19. Procedimiento del ensayo.....	115
Anexo 20. Análisis, diseño y ensayo a compresión.....	128
Anexo 21. Matriz de consistencia.....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de muestras de concreto a realizar las pruebas de compresion. ....	26
Tabla 2. Ensayos de los materiales agregados finos y gruesos. ....	27
Tabla 3. Ensayos al concreto fresco. ....	27
Tabla 4. Ensayos al concreto endurecido (Probetas).....	27
Tabla 5. Tamiz o Malla para A.G. ....	35
Tabla 6. Tamiz o Malla para A.F.....	36
Tabla 7. Límites de gradación de Agregado Fino .....	36
Tabla 8. Límites de gradación de Agregado Grueso. ....	37
Tabla 9. Tamaño de la muestra de agregado. ....	41
Tabla 10. Peso mínimo de la muestra de ensayo.....	48
Tabla 11. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso global. ....	54
Tabla 12. Máximo diámetro del bloque y de la probeta. ....	60
Tabla 13. Resultados de los ensayos a probetas con 2% a los 28 días .....	63
Tabla 14. Resultados de los ensayos a probetas con 3% a los 28 días. ....	64
Tabla 15. Resumen de casos.....	64
Tabla 16. Ensayo granulométrico del agregado (ARENA GRUESA).....	67
Tabla 17. Ensayo granulométrico del agregado (VIDRIO RECICLADO MOLIDO).....	68
Tabla 18. Ensayo de contenido de humedad del agregado (arena gruesa).....	69
Tabla 19. Ensayo de contenido de humedad del agregado (vidrio reciclado molido).....	70
Tabla 20. Ensayo de porcentaje de absorción en agregado (arena gruesa) .....	71
Tabla 21. Ensayo de porcentaje de absorción en agregado (vidrio reciclado molido).....	72
Tabla 22. Prueba de normalidad. ....	76
Tabla 23. Prueba de diferencia significativa. ....	77

Tabla 24. Prueba de normalidad. ....	79
Tabla 25. Prueba de muestras independientes. ....	81
Tabla 26. Prueba de muestras probetas de control. ....	82
Tabla 27. Prueba de probetas con 2% de vidrio. ....	82
Tabla 28. Prueba de probetas con 3% de vidrio. ....	83
Tabla 29. Comparativo de probetas para todas las edades. ....	84
Tabla 30. Protocolo de ensayos a los 28 días. ....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama variable de respuesta. ....	24
Figura 2. Recolección y compra de material (botellas de vidrio).....	32
Figura 3. Máquina trituradora de botellas de vidrio. ....	34
Figura 4. Producto final Vidrio Molido reciclado. ....	34
Figura 5. Uso de granulométrico del agregado fino. ....	37
Figura 6. Uso de granulométrico del agregado grueso. ....	38
Figura 7. Cuarteo del Agregado Fino (arena gruesa). ....	39
Figura 8. Cuarteo del Agregado Fino (vidrio molido).....	39
Figura 9. Cuarteo del Agregado Grueso (piedra chancada). ....	40
Figura 10. Horno de secado temperatura uniforme de 110 ° C ± 5° C. ....	42
Figura 11. Balanza para agregados con certificado de Calibración. ....	45
Figura 12. Peso unitario suelto del agregado grueso. ....	46
Figura 13. Peso unitario del material compactado del agregado grueso. ....	47
Figura 14. Peso específico del agregado grueso.....	50
Figura 15. Frasco de Le Chatelier ensayo al agregado fino (arena gruesa).....	52
Figura 16. Cono Truncado ensayo al agregado fino (arena gruesa).....	52
Figura 17. Agitador mecánico de tamices. ....	56
Figura 18. Ensayo al concreto fresco con el cono de Abrams.....	57
Figura 19. Peso unitario del concreto en su estado fresco.....	58
Figura 20. Termómetro para concreto. ....	59
Figura 21. Esquema de los patrones de tipos de fracturas.....	61
Figura 22. Máquina de ensayo a compresión. ....	62
Figura 23. Testigos (Población de probetas). ....	62

Figura 24. Testigos después del ensayo a compresión. ....	62
Figura 25. Rango de límites para la granulometría permitida según NTP. ....	69
Figura 26. Diseño de Mezcla para un concreto tradicional slump de 6".....	73
Figura 27. Diseño de Mezcla para un concreto tradicional slump de 6".....	73
Figura 28. Diseño de Mezcla para un concreto tradicional slump de 6".....	74
Figura 29. Diagrama estadístico comparativo de los ensayos. ....	85

## RESUMEN

El presente trabajo “Análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019”. Tuvo como objetivo determinar el porcentaje adecuado de vidrio molido en el diseño de mezcla, utilizando los ensayos para el concreto tradicional, con un agregado alternativo reciclable, el cual pueda aportar al cuidado del medio ambiente sin perder las propiedades físicas del concreto. De esta manera, se quiere dar un aporte de diseño, además se quiere demostrar, que la adición parcial de vidrio molido en parte del agregado fino, ayudará a la mezcla, a aumentar su resistencia a la compresión.

En el Perú, el vidrio reciclado normalmente es utilizado para fabricar más vidrio, rescatando su bajo costo, si este pasara por un proceso de molienda, podría ser utilizado en lugares donde escasea el agregado fino, como en el caso de Selva y afines. El vidrio sódico cálcico puede ser reutilizado dando un increíble beneficio mezclándolo con el cemento, arena, piedra y agua, obteniendo un concreto con mayor grado de resistencia a la compresión, más durable y menor grado de absorción, en su estado endurecido, no obstante, originando un óptimo recubrimiento para el acero y del mismo modo una superestructura sumamente más rígida.

Todos los ensayos se realizaron en el Laboratorio N° 01 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Coterá” de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNI-LEM (Laboratorio Certificado ISO 9001).

**Palabras clave:** Análisis, diseño, elaboración, resistencia a la compresión y vidrio molido.

## ABSTRACT

The present work "Analysis and design for the elaboration of concrete  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adding recycled glass ground as fine aggregate according to ACI 211. Lima 2019". The objective was to determine the appropriate percentage of ground glass in the mix design, using tests for traditional concrete, with an alternative recyclable aggregate, which can contribute to the care of the environment without losing the physical properties of the concrete. In this way, we want to give a contribution of design, in addition we want to demonstrate that the partial addition of ground glass in part of the fine aggregate, will help the mixture, to increase its resistance to compression.

In Peru, recycled glass is normally used to make more glass, rescuing its low cost, if it went through a milling process, it could be used in places where fine aggregate is scarce, as in the case of Selva and related. Sodium calcium glass can be reused giving an incredible benefit mixing it with cement, sand, stone and water, obtaining a concrete with a greater degree of resistance to compression, more durable and less absorption, in its hardened state, however, originating an optimal coating for steel and in the same way an extremely more rigid superstructure.

All the tests were carried out in the Laboratory N° 01 of materials testing "Ing. Manuel Gonzales de la Cotera" of the National University of Engineering - Faculty of Civil Engineering UNI-LEM (Laboratory Certified ISO 9001).

**Keywords:** Analysis, design, elaboration, resistance to compression and ground glass.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El Perú, ha experimentado en los últimos años un incremento de sismos en todo el país, donde los mismos han alcanzado números superiores a 3.0 en la escala sismológica de Richter en el 2017, según las estadísticas de los sismos registrados. En el territorio peruano del 2005 al 2018, según el Instituto Geofísico del Perú (2018), se han registrado 397 sismos, como se muestra en el anexo 1, la mayoría de estos casos se ubicaron en la zona costera del país con diferentes magnitudes, lo cual demostró que los sismos superficiales tienen mayor frecuencia. Es así como tomando en consideración el comportamiento sísmico en toda la región costera y parte del territorio nacional, se hace necesario diseñar nuevas estructuras mediante el desarrollo de nuevos procedimientos de construcción en base a determinadas regiones con otros materiales o aditivos que aporten sostenibilidad y refuercen el comportamiento mecánico a corto y largo plazo garantizando una mayor seguridad en las estructuras. En la presente investigación se busca el desarrollo de nuevos procedimientos constructivos para proteger la estructura y garantizar sostenibilidad de la misma y de igual manera dar solución a una problemática resaltante sobre el contacto que tienen las estructuras de cimentación y muro pantallas con la humedad del terreno, donde la estructura al momento del vaciado de concreto se encuentra absorbiendo la humedad del terreno, por lo cual se requiere aditivos para protegerla. En labores de construcción se ven casos donde al realizar el vaciado de muros pantalla surgen dudas dirigidas al ingeniero de campo, como esta: ¿si era necesario el uso de aditivos para la protección del concreto con el terreno?, la respuesta a ello pudo ser solicitar un concreto con aditivo y a la vez con plastificante, puesto que tenían unos muros con alta densidad de acero el cual no permitía un concreto con bajo “slump”. En

otros casos de auto construcción no consideraron este problema relevante ya que la degradación del concreto no es inmediata. Es así como mediante nuevas tecnologías del concreto se debe garantizar una mayor seguridad y también minimizar los impactos al medio ambiente, teniendo en cuenta la realización de construcciones ecológicas que causen menor daño al ambiente, al dejar de utilizar la arena como recurso natural y utilizar el vidrio con mayor porcentaje en la mezcla de concreto.

En lo referente a la contaminación, según la Municipalidad Metropolitana de Lima, la generación de residuos sólidos ha ido en aumento desde el 2000 al 2016, llegando a niveles cercanos de 250.000 toneladas por año, solo en Lima, ver anexo N° 2. Por su parte, el Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL) del Ministerio del Ambiente (MINAM), muestra que para el año 2015 en el distrito de Lima se recolectó la cantidad de 3,374.00 toneladas semanalmente, la generación per cápita de residuos sólidos municipales es de 1.71 kg./hab./día y la de residuos domiciliarios es de 0.69 kg./hab./día. Esto genera un gran impacto para el medio ambiente, por ello los aportes de la industria de la construcción serían de gran beneficio para la sociedad y para el medio ambiente, proponiendo alternativas innovadoras y empleando un nuevo material de construcción, así mismo, se impulsaría la producción del concreto, favoreciendo la producción anual. De acuerdo a cifras de la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM) el consumo nacional de cemento creció 3.7% en el Perú en el 2018 respecto al 2017, logrando así un resultado favorable por segundo año consecutivo y alcanzar la tasa de crecimiento más alta desde el 2013, año en el que creció 7.4% según anexo n° 3. Es así como este método y/o proceso de industrialización de vidrio reciclado para las concreteteras podría generar nuevos puestos de trabajo y ser una opción ecológica en la industria de la construcción, por lo cual se plantea producir un concreto Eco amigable que no pierda sus propiedades y se logre elevar su resistencia

significativamente, mejorando su manipulación física, sus propiedades como aditivo y sobrepasando sus límites de resistencia a la compresión, a diferencia del concreto convencional. También podría llevarse esta propuesta a la parte económica, por lo cual se necesitaría y recomendaría industrializar este proceso.

Este estudio puede aportar mejoras socioeconómicas al proceso constructivo y apoyaría en mitigar la contaminación ambiental. Se trata de buscar mediante la adición del vidrio molido como agregado fino el ayudar y aportar manejabilidad en el estado del concreto fresco, y de esa manera mitigar el uso de aditivos plastificantes los cuales son contaminantes para el medio ambiente. De allí la importancia de optar por un nuevo material el cual reemplace al 100 % en un futuro a los aditivos, cambiando el diseño de mezcla tradicional, a través de lo cual se buscaría también darle un valor agregado al uso del concreto eco amigable. Adicional a ello se puede determinar que la estructura de **vidrio** generalmente se describe como una red tridimensional irregular, integrada por los formadores de red, tales como SiO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. La red de vidrios de silicato está formada por el tetraedro de SiO<sub>4</sub> interconectado a los tetraedros vecinos a través del enlace de siloxano Si-O-Si. Los modificadores de red rompen los enlaces entre los tetraedros de SiO<sub>4</sub> (Mamani, 2015).

Rojas (2015), expuso en su investigación el estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico, considerando la Norma Técnica Peruana 400.037. La resistencia a la compresión obtenida en sus diferentes periodos considerando 7, 14, 21 y 28 días fueron de 184 Kg/cm<sup>2</sup>, 220.4 Kg/cm<sup>2</sup>, 245.4 Kg/cm<sup>2</sup> y 318.8 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido.

De la misma manera, Peñafiel, (2016), analizó la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino y al

analizar los resultados del ensayo de compresión a los 7 días de edad de probetas cilíndricas de concreto ( $f_c$  210kg/cm<sup>2</sup>), se obtuvo resistencias de 157.26 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto común, 157.24kg/cm<sup>2</sup>, 156.86 kg/cm<sup>2</sup>, 155.97 kg/cm<sup>2</sup> y 155.58 kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar parcialmente a la arena por vidrio molido en 10%, 20%, 30% y 40% respectivamente; la mezcla de concreto común logró una mayor resistencia en comparación con las que contenían vidrio alcanzando un 74.89% de la resistencia de diseño.

Existen toda una gama de métodos asociados a diferentes tipos de materiales y aditivos en diferentes proporciones para obtener concreto en la construcción, en ese sentido, este estudio busca determinar la mejor combinación, considerando cemento, arena, vidrio molido y agua, tomando como referencia investigaciones previas tanto de contexto nacional como internacional.

Así mismo, Rojas (2015), explicó en su investigación el incremento de la resistencia de un concreto de  $F´C=210$  kg/cm<sup>2</sup>, adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico, es por ello, que se realizaron varios estudios para observar cómo era el comportamiento del concreto al aumentársele vidrio molido, ya que el fin era optimizar la mezcla; obteniendo buenos resultados. Se evaluaron las propiedades mecánicas de todos los agregados con el fin hacer el diseño de mezcla de concreto según la norma ACI 211, y luego poder adicionarle cierto porcentaje de vidrio molido a fin de poder obtener una mezcla que se mantenga y/o aumente su resistencia a la compresión.

A su vez, Afá & Loyola (2016), presentaron la influencia del porcentaje en peso de fibra de vidrio AR y aditivo plastificante CoprePlast 102, sobre la resistencia a la flexión en paneles de concreto reforzado con fibra de vidrio (GRC). En esta investigación se buscó evaluar la influencia del peso de fibra de vidrio alcalino (FV-AR) y el aditivo

plastificante CoprePlast 102, en la resistencia a la flexión de paneles de concreto reforzados con fibra de vidrio (GRC). Los ensayos de flexión fueron realizados en los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo valores positivos. Estadísticamente se determinó el efecto del porcentaje de fibra de vidrio AR como refuerzo y plastificante, en la flexión, mediante el análisis de varianza (ANAVA), deduciendo los porcentajes óptimos.

De igual forma, Ochoa (2018), elaboró un estudio de la evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos. Su objetivo fue determinar la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezcla de concreto en pavimentos urbanos, motivando así al reciclaje del vidrio para reducir el impacto ambiental producido por estos sólidos. Su estudio fue de tipo cuasi experimental, para realizar los diseños de mezclas de concreto con el método del ACI, se realizó ensayos de laboratorio cumpliendo las normas NTP, ASTM. Luego de obtener los resultados se definió que a medida que aumenta la cantidad de vidrio y la resistencia aumenta con la compresión; el asentamiento, el peso unitario igualmente el aire atrapado disminuyen a comparación con el concreto patrón, siendo esta una forma de mezclar el concreto con 10% de vidrio reciclado molido, abarca para los tres diseños de mezcla, ya que aumenta la resistencia a la compresión, a su vez la mezcla sigue siendo efectiva y el contenido de aire no varía a diferencia de las mezclas de patrón.

Por otro lado, Rodríguez & Ruiz (2016), presentaron su estudio sobre la evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. Su objetivo principal fue analizar el efecto de la incorporación de vidrio de desecho molido en las propiedades de resistencia y su reacción álcali-sílice en el hormigón. Los resultados de este estudio, indica que el vidrio molido, se puede comportar como puzolana. Aunque

dicho reemplazo reduce en la mezcla su resistencia en edades tempranas, con respecto a las mezclas sin vidrio, su resistencia es mayor a las esperadas para mezclas con igual contenido de cemento, también se logró encontrar que el vidrio inhibe significativamente la reacción álcali sílice y que la disminución de la resistencia antes mencionada es poco significativa en edades avanzadas.

Así mismo, Mora (2016), realizó un estudio del concreto ecológico a partir de material PET, vidrio y tapas de bebidas refrescantes y alcohólicas. Se enfocó en la necesidad de poder disminuir los índices de contaminación que se generan diariamente, producidos por los envases plásticos, vidrios y metálicos, para poder utilizarse en la elaboración de este concreto, que se nombró ecológico, y así frene el impacto que tienen sobre el ecosistema. La intención también se fundamentó en que el uso del concreto en la construcción masiva, considerando el material más utilizado en la misma, por lo que involucró los materiales antes expuestos en el concreto, dando un impacto de medio ambiente muy positivo para nuestro ecosistema, ya que muchas botellas, latas, etc., se confinaron en el concreto, por lo que no afectaría la ecología. Esta investigación se logró desarrollar en varias etapas, las cuales fueron: el reciclaje del material utilizado, procesado en trozos para el caso del PET, se extrajo las tapas de metal, trituradas y se molido el vidrio, para lograr la elaboración de concretos cuyas dosificaciones son: 1:2:2 y 1:2:3 en volumen. Las muestras se dieron en cilindros de 3" (d) x 6" (h) y de 2" (d) x 10" (h) (d=diámetro y h=altura) así se realizó los ensayos con compresión a los 7, 14, 21 y 28 días.

De igual forma, Cano & Cruz (2017), explicó el análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón. Su objetivo fue analizar las mezclas de concreto con dosificaciones de vidrio reciclado molido, tamizado y granulado como

aditivos para poder aumentar su resistencia a la compresión, por lo cual, planteó que el diseño de mezcla ideal para la resistencia de concreto, con vidrio molido, tamizado y granular en su composición, así como la comparación de la resistencia última de la mezcla convencional con las mezclas que tienen en su composición vidrio reciclado molido, tamizado y granular, dicho proyecto permitió apreciar al vidrio en tres presentaciones granulométricas, tales como aditivo a la mezcla de concreto convencional, con fines de mejora de las propiedades mecánicas y la resistencia a la compresión.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es la proporción óptima mediante el análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Qué diferencias existen entre las características mecánicas del agregado fino y vidrio molido reciclado?
- ✓ ¿Cómo hallar la trabajabilidad óptima entre los concretos tradicional y con adición al 2% y 3% de vidrio molido?
- ✓ ¿Cómo hallar la mayor resistencia a la compresión entre los concretos tradicional y con adición al 2% y 3% de vidrio molido.

La **justificación** de este estudio fue proporcionar una importante información del análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019. El vidrio reciclado es principalmente utilizado para fabricar más vidrio siendo este reciclado, rescatando su bajo costo, si este pasara por un proceso de molienda, podría ser utilizado

en lugares donde escasea el agregado fino, como es en la Selva Peruana y afines. El vidrio sódico cálcico puede ser reutilizado dando un increíble beneficio, mezclándolo con el cemento, arena, piedra y agua, obteniendo un concreto con mayor grado de resistencia a la compresión, más durable y menor grado de absorción, en su estado endurecido, no obstante, originando un óptimo recubrimiento para el acero y del mismo modo una superestructura sumamente más rígida por lo cual el alcance permite la aplicación de procedimientos y metodologías aprendidas en forma y normativa, para poder realizar los ensayos de esta investigación, dando datos comparativos entre el concreto convencional y el concreto con vidrio reciclado molido teniendo como limitaciones y la más clara que se pueda visualizar, podría ser no contar con suficiente vidrio reciclado molido, para la demanda nacional, por lo que se propone, que se realice en lugares donde escasea el agregado fino y para las estructuras que demanden el uso de aditivos el cual con este proceso se podría desplazar el uso de aditivos los cuales son contaminantes en su uso y en su elaboración.

En cuanto a sus **limitaciones** como ya mencionadas por lo que al ser experimental no se podría dar un costo exacto de la producción industrializada del producto final.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la proporción óptima mediante análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las diferencias que existen entre las características mecánicas del agregado fino y vidrio molido reciclado.

- ✓ Hallar la trabajabilidad óptima entre los concretos tradicional y con adición al 2% y 3% de vidrio molido.
- ✓ Hallar la mayor resistencia a la compresión entre los concretos tradicional y con adición al 2% y 3% de vidrio molido.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

**H<sub>0</sub>:** Para el análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, no es más óptima la proporción adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019.

**H<sub>a</sub>:** Para el análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, es más óptima la proporción adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- ✓ Existe diferencia significativa entre entre las características mecánicas del agregado fino y vidrio molido reciclado. (ESTADISTICA DESCRIPTIVA)
- ✓ La trabajabilidad del concreto con adición al 3% de vidrio molido es más óptima que del concreto al 2% de vidrio molido y el tradicional. (ESTADISTICA DESCRIPTIVA)
- ✓ La resistencia a la compresión del concreto con adición al 3% de vidrio molido es más óptima que del concreto al 2% de vidrio molido y el tradicional. (ESTADISTICA INFERENCIAL)

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

#### 2.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se desarrolló fue experimental aplicada, de carácter descriptivo.

Según, Hernández, Collado & Baptista (2014), una investigación es experimental, cuando hay manipulación de las variables por parte del investigador que interfieren en el estudio y una investigación es aplicada, cuando empleamos el conocimiento científico existente en una situación práctica.

#### 2.1.2. Diseño

- Investigación Experimental

Este estudio fue de diseño experimental, debido a que en ella se establece una situación de control en la cual se manipuló de manera intencional la variable independiente del vidrio reciclado, para que se pueda analizar las consecuencias sobre la variable dependiente de la resistencia a la compresión en las probetas a ensayar.

- Clasificación

La actual investigación se basó en un diseño experimental de Experimento Puro, ya que reúne los dos requisitos principales, se formó dos grupos de comparación que son el control y la validez interna pues los grupos se formaron aleatoriamente; además se evaluó una variable independiente (vidrio reciclado) y una variable dependiente (resistencia a la compresión).

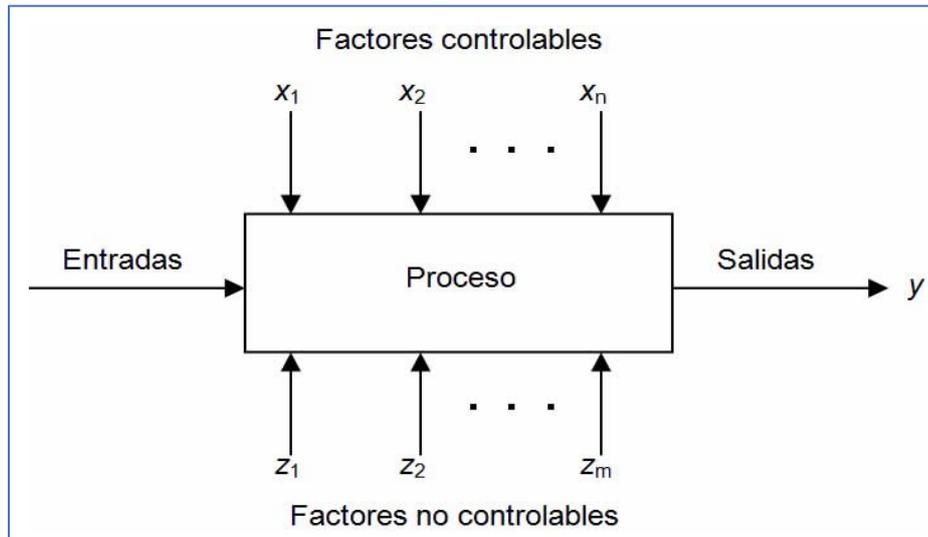
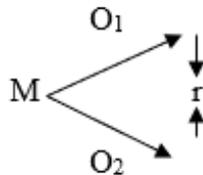


Figura 1. Diagrama variable de respuesta.

Fuente: ITS Mónica Mariscal (2009)

La investigación fue transversal, con la manipulación de una variable y la comparación con el parámetro de control.



Ecuación 1. Manipulación de una variable.

Donde:

M= Muestra

O<sub>1</sub> =Observación de la V.1.

O<sub>2</sub> = Observación de la V.2.

r = Correlación entre dichas variables.

## 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

En cuanto a la población, fueron las probetas que se utilizaron, para concreto tradicional y concreto con un porcentaje de 2% y 3% vidrio reciclado como agregado fino en reemplazo de la arena gruesa, las mismas se tomaron como muestras para 7, 14, 21 y 28 días.

Continuando con los diversos tipos de ensayos que según la Norma Técnica Peruana (NPT) ensayados en el Laboratorio N° 01 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNI-LEM (Laboratorio Certificado ISO 9001).

Podemos destacar que para este caso al tener pocas unidades de ensayo y ser una tesis cuasi experimental, se optó por elegir las mismas probetas de población en la muestra, como veremos a continuación.

### 2.2.1. Población

Probetas de concreto convencional

- 3 probetas de concreto ensayadas a los 7 días de curado.
- 3 probetas de concreto ensayadas a los 14 días de curado.
- 3 probetas de concreto ensayadas a los 21 días de curado.
- 4 probetas de concreto ensayadas a los 28 días de curado.

Probetas de concreto con vidrio molido reciclado, como agregado fino.

- 6 probetas de concreto ensayadas a los 7 días de curado.
- 6 probetas de concreto ensayadas a los 14 días de curado.
- 6 probetas de concreto ensayadas a los 21 días de curado.

- 8 probetas de concreto ensayadas a los 28 días de curado.

Por lo tanto, se tuvo como muestra a 39 probetas diseñadas.

### 2.2.2. Muestra

Probetas de concreto diseñadas, diseñadas de manera convencional y probetas diseñadas con la incorporación de un porcentaje de vidrio reciclado como agregado fino. Probeta de concreto de dimensiones de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de longitud, la cual fue ensayada a compresión. Posteriormente se realizó un análisis de los materiales (vidrio, arena gruesa y piedra) según la tabla 1.

El tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, en el cual se tomó 13 probetas realizadas de manera convencional y 26 probetas que contengan vidrios reciclados como material fino dentro del diseño de mezcla.

**Tabla 1.**

*Cantidad de muestras de concreto a realizar las pruebas de compresión.*

Indicador	Mezcla	7 días	14 días	21 días	28 días	f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>
Control	Concreto convencional	3	3	3	4	13
Concreto con adición de vidrio molido reciclado	Prueba inicial Reemplazando el 2%	3	3	3	4	13
	Reemplazando el 3%	3	3	3	4	13
<b>TOTAL, DE MUESTRAS</b>						<b>39</b>

Fuente: Ensayo de laboratorio.

### 2.3. Unidad de Estudio

**Tabla 2.**

*Ensayos de los materiales agregados finos (vidrio, molido, arena gruesa) y gruesos (piedra chancada).*

Ítem	Norma	Descripción
01	NPT 400.017	Peso Unitario Compactado.
02	NPT 400.017	Peso Unitario Suelto.
03	NPT 400.022	Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.
04	NPT 400.021	Determinación del peso específico y absorción del agregado Grueso.
05	NPT 400.012	Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global.
06	NPT 400.018	Determinación del Material que pasa el Tamiz 75mm (N°200)
07	NPT 339.185	Contenido de Humedad.

Fuente: Ensayo de laboratorio.

**Tabla 3.**

*Ensayos al concreto fresco.*

Ítem	Norma	Descripción
01	NTP 339.035	Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams
02	NTP 339.046	Peso unitario del concreto fresco
03	NTP 339.184	Temperatura de mezclas frescas del concreto

Fuente: Ensayo de laboratorio.

**Tabla 4.**

*Ensayos al concreto endurecido (Probetas)*

Ítem	Norma	Descripción
01	NTP 339.034	Esfuerzo a compresión en muestras cilíndricas de concreto.

Fuente: Ensayo de laboratorio.

## 2.4. Materiales y Técnicas

Se determinarán los materiales empleados en esta tesis los cuales tuvieron un rol importante en la elaboración de la tesis experimental, análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019, cabe recalcar que todas las técnicas utilizadas para los diversos ensayos que se mencionaron en la tesis según la tabla 2, 3 y 4 fueron realizados en el Laboratorio N° 01 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNI-LEM (Laboratorio Certificado ISO 9001).

### 2.4.1. Materiales

- **Cemento Portland:** Material que se produce por la pulverización del Clinker; compuesto principalmente por silicatos y sulfatos de calcio, caliza y arcilla, agregado en el proceso de molienda, existen varios tipos de cemento en el mercado de los cuales podemos nombrar los siguientes: Cemento Portland Tipo I, Cemento Portland Tipo II, Cemento Portland Tipo III, Cemento Portland Tipo IV, Cemento Portland Tipo V, Cemento Portland Puzolánico Tipo IP, Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo I (PM), Cemento Portland Puzolánico Tipo P, Cemento Portland Compuesto Tipo ICo, Cemento Portland de Escoria Tipo IS, Cemento Portland de Escoria Modificado Tipo I (SM).
- **Agregados:** Llamados también áridos, son aquellos materiales inertes, cuya forma puede ser granular, natural o artificial.
- **Agua:** El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales: Reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir

a la trabajabilidad de la mezcla cementante y procurar la estructura de vacíos necesario en la pasta para que los productos tengan espacio para desarrollarse.

- **Aditivos:** Son adiciones de naturaleza orgánica o inorgánica, que tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales y/o potencializarlos en estado fresco o endurecido para darle al concreto la propiedad deseada. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.
- **Concreto:** Según el diseño de mezcla de acuerdo a la norma ACI 211, el concreto usado llevó el cemento (generalmente Portland), agregados finos y grueso, agua no salina, y aditivos.
- **Vidrio:** Existen diversos tipos de vidrios en nuestro entorno vidrio al plomo, vidrio borosilicato y vidrio sódico-cálcico, este último siendo el más utilizado por las empresas ya que sirven como recipientes, pero son poco resistentes al impacto térmico.

#### 2.4.2. Técnicas

La técnica que se usó fue en función a lo indicado en la norma del diseño de mezcla ACI 211, reemplazando en porcentajes de 2 % y 3 % de vidrio molido reciclado al agregado fino (arena gruesa) según diseño de mezcla para un concreto convencional de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> al cual denominaremos como probetas de control. Teniendo el diseño de mezcla según la norma ACI 211, el siguiente procedimiento:

Se determinó la resistencia requerida ( $f'cr$ ):

$$f'cr = f'c + 1.33 \sigma \dots\dots\dots (1)$$

$$f'cr = f'c + 2.33 \sigma - 35 \dots\dots\dots (2)$$

*Ecuación 2 Formulas mayor valor requerido.*

Donde:

$\sigma$ : desviación standard (kg/cm<sup>2</sup>)

f'cr: Resistencia a la compresión requerida (kg/cm<sup>2</sup>)

Se escogió el mayor valor de las fórmulas (1) y (2)

1. Se recolecto el vidrio mediante el reciclaje y compra a una empresa recicladora.
2. Se procedió a la limpieza y trituración del material reciclado para su posterior almacenamiento
3. Se determinó el TMN del agregado grueso.
4. Se determinó el volumen de agua.
5. Se determinó la cantidad de aire atrapado.
6. Se determinó el asentamiento (Slump) según la consistencia deseada del concreto.
7. Se determinó la relación agua/cemento, por resistencia y por durabilidad.
8. Se determinó la cantidad de cemento según los datos obtenidos en gabinete para el diseño de mezcla.
9. Se determinó la cantidad de agregado grueso.
10. Se determinó la cantidad de agregado fino restando de 1.00 la sumatoria de las cantidades de agua, aire atrapado, cemento, agua y agregado grueso obtenidos.
11. Se determinó la cantidad de agregado fino (vidrio molido) el cual remplazara en porcentajes de 2% y 3% según el diseño obtenido en gabinete.
12. Los valores obtenidos son el diseño seco, se obtuvo el diseño por humedad según lo hallado en el diseño seco, el contenido de humedad de los agregados y porcentajes de absorción de los mismos.

## 2.5. Procedimiento de recopilación de datos

En el desarrollo de la tesis “análisis y diseño para la elaboración de concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI

211. Lima 2019”, se utilizaron métodos y procedimientos los cuales siguen pasos y normas estipulados por la Norma Técnica Peruana (NTP) los cuales son necesarios para obtener los datos, al ser una tesis experimental se realizó algunos procedimientos no estipulados por la NTP para la obtención del producto final (Vidrio molido), pero se siguieron los procedimientos adecuados para cuidar la integridad humana en su proceso, utilizando Equipos de Protección Personal (EPP).

Se recolectó los resultados de la ruptura de las probetas de concreto tradicional y concreto con vidrio molido a los 7, 14, 21 y 28 días., los cuales fueron realizado mediante el diseño de mezcla antes expuesto, así como con los siguientes pasos y normas de ensayos. Se detallará que las fichas para la recolección de datos este visado y certificado por el Laboratorio N° 01 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNI-LEM (Laboratorio Certificado ISO 9001), lo cual nos da una veracidad del producto final que es la obtención de los datos de ensayos y ruptura para la presente tesis.

## **2.6. Ensayos y obtención de materiales**

### **2.6.1 Obtención y recolección de Vidrio (compra y reciclaje).**

Para la obtención de nuestra materia prima se inició la tarea de reciclaje en casa como primera ubicación, ya como se comentó en la presente tesis tenemos en casa un desperdicio principal del material a reciclar (vidrio), al ser necesario más cantidad procedimos a la compra del material (botellas) en las pequeñas empresas de reciclaje de la zona las cuales nos vendieron el producto por Kg. alcanzando el precio de s/. 0.10 soles por kilogramo.



Figura 2. Recolección y compra de material (botellas de vidrio).

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.6.2 Limpieza de los recipientes de vidrio.

Después del reciclaje y la compra del material (botellas de vidrio) se procedió a su limpieza y eliminación de partículas orgánicas la cual pueda ser perjudicial para la mezcla, procediéndose a sumergir en cilindros llenos de agua con detergente para luego retirar con mayor facilidad las etiquetas de papel y las tapas de plástico en algunos recipientes, luego se procedió al secado “al tiempo” las botellas boca abajo, para la eliminación de agua atrapada en su interior, acumulando el material en su estado “natural” en sacos antes del proceso de molienda siendo en su total de 50 kg en botellas siendo un equivalente de 80 unidades aproximadamente.

#### **Materiales y equipos**

Los materiales utilizados para la actividad de limpieza fueron: guantes de jebe, lentes, respirador, mandil, cilindro, detergentes, esponjas, espátulas, trapos industriales para el secado, sacos para su almacenamiento.

#### **Procedimiento**

Con el material ya acopiado y con los EPPS se procede a su limpieza en seco superficial en el cual se elimina líquidos, y material orgánico que se pueda encontrar en su interior y

exterior del mismo, para luego proceder a introducirlos en el cilindro el cual contiene una cantidad de agua con detergente por aproximadamente 10 a 15 minutos luego se procede a la limpieza interior del recipiente con las esponjas, a su vez se procede a retirar los stickers de papel si hubiese, al cabo de 3 horas aproximadamente de limpieza se procede a retirarle el detergente los restos de stickers, para su posterior secado a ambiente. Al cabo de 3 horas aproximadamente se procede a almacenarlo en los sacos para su proceso de trituración para recolectar el producto esperado.

### 2.6.3 Trituración mecánica para botellas de vidrio.

Este proceso se lleva a cabo por la necesidad de obtener un material que sea similar en su granulometría al agregado fino (arena gruesa), por el cual se procedió a buscar una máquina para su trituración uniforme y en lo que se procedió a contratar una máquina de trituración para tal efecto.

#### **Materiales y equipos.**

Para elaborar esta actividad se necesitaron los siguientes materiales, instrumentos y/o maquinaria, siempre contando con los equipos de protección personal (EPPS), máquina trituradora de vidrio con motor de 2hp con un rendimiento de 50 kg de vidrio molido que no supere el tamiz máximo de N°4 mucho menos que no baje en más de 10 % el tamiz N°100 ni un fondo de limo que supere el 10%.

#### **Procedimiento.**

Se procedió a cubrir el ambiente de trabajo con plástico para su protección de la polución que pueda ocasionar esta actividad, luego se procedió a colocar el vidrio o los envases de vidrios limpios en la tolva, donde su producto final resulto se un agregado fino para la tesis en investigación, el cual fue un éxito por encontrar el tamiz adecuado e idóneo según lo requerido. El rendimiento aproximado fue de 50 kg por hora de actividad con un

aproximado de 85 botellas molidas se utilizaron 02 persona 01 operador de máquina y 01 ayudante.



*Figura 3.* Máquina trituradora de botellas de vidrio.

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 4.* Producto final Vidrio Molido reciclado.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 2.6.4 Ensayo Granulométrico (NTP 400.012)

El ensayo permite determinar la granulometría de los materiales que se utilizaron como agregados. Los resultados obtenidos fueron utilizados para verificar el cumplimiento de los requerimientos de las especificaciones, aplicados para la producción de diferentes agregados y mezclas que contengan agregados.

Para la presente tesis se ensayaron los siguientes materiales: para el agregado grueso se utilizó la piedra chanchada la cual se realizó los ensayos según la tabla 5, para el agregado fino se analizó el vidrio molido (resultado de la trituración de envases de vidrio reciclado) y arena gruesa los cuales fueron ensayados según la tabla 6.

**Tabla 5.**

*Tamiz o Malla para A.G.*

TAMIZ O MALLA	
Abertura (mm)	N°
50.00	2"
37.5	1 ½"
25.00	1"
19.00	¾"
12.50	½"
9.50	3/8"
CAZOLETTA	

Fuente: Norma NTP 400.012, 2001

**Tabla 6.**

*Tamiz o Malla para A.F.*

TAMIZ O MALLA	
Abertura (mm)	N°
4.75	4
2.36	8
1.18	16
0.6	30
0.3	50
0.15	100
0.007	200
CAZOLETA	

Fuente: Norma NTP 400.012,2015.

Para determinar el nivel de tipo de graduación de los materiales se utilizó los siguientes tamices granulométricos:

**Tabla 7.**

*Límites de gradación de Agregado Fino*

TAMIZ	ABERTURA DEL TAMIZ	LIMITE SUPERIOR (%)	LIMITE INFERIOR (%)
3/8"	9.5	100.00	100.00
N°4	4.750	100.00	95.00
N°8	2.360	100.00	80.00
N°16	1.180	85.00	50.00
N°30	0.600	60.00	25.00
N°50	0.300	30.00	5.00
N°100	0.150	10.00	0.00

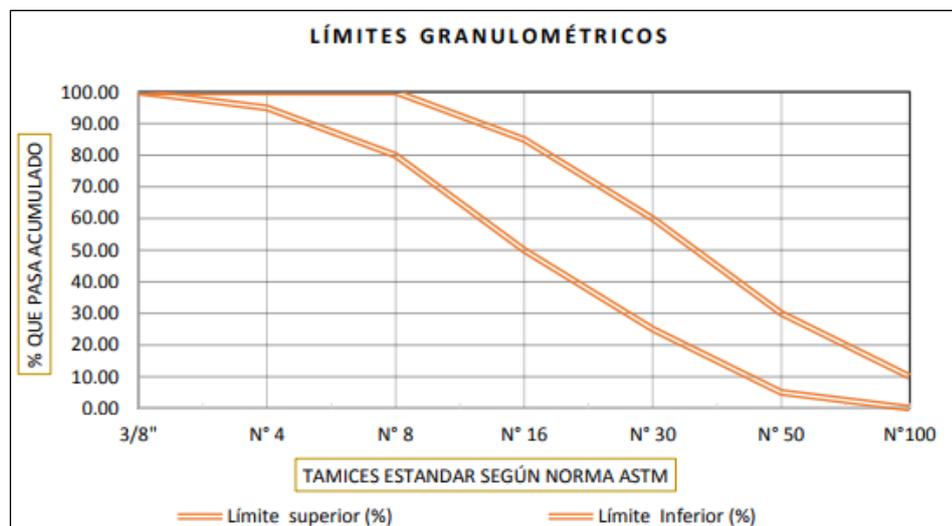
Fuente: Norma NTP 400.012, 2001.

**Tabla 8.**

*Límites de gradación de Agregado Grueso.*

TAMIZ	ABERTURA DEL TAMIZ	LÍMITE SUPERIOR (%)	LÍMITE INFERIOR (%)
1 ½"	37.50	100.00	100.00
1"	25.00	100.00	90.00
¾"	19.00	85.00	40.00
½"	12.50	40.00	10.00
3/8"	9.50	15.00	0.00
Nº4	4.75	5.00	0.00

*Fuente: Norma NTP 400.012.2001.*



*Figura 5. Uso de granulométrico del agregado fino.*

*Fuente: Norma NTP 400.012.2001*

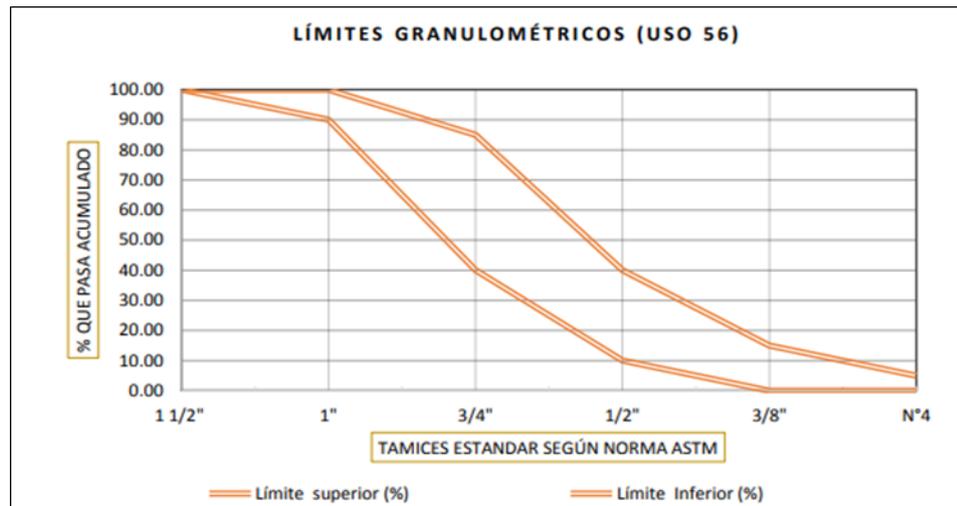


Figura 6. Uso de granulométrico del agregado grueso.

Fuente: Norma NTP 400.012.2001.

## Materiales y equipos

Los materiales que se usaron fue el agregado grueso, agregado fino; dentro de los equipos se involucra una columna de tamices, con las siguientes mallas: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 Y N° 200, balanza, horno a 110°C±5°C, taras y un cucharón metálico.

## Procedimiento

### Agregado Fino (arena gruesa)

Se tomó una muestra de agregado de la cantera seleccionada, se procedió a cuartear, luego se pesó la muestra obtenida por el cuarteo (600 gr), introducimos el agregado en la columna de tamices ordenadas de acuerdo a la norma NTP 400.012, se procedió a agitar mediante el agitador mecánico certificada por el laboratorio UNI-LEM de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por aproximadamente 10 min. Según imágenes en el anexo 4, para que sólo quede el material que en verdad es retenido, una vez que se concluyó el tamizado se procedió a pesar lo que ha sido retenido en cada malla y en el fondo de la cacerola.



*Figura 7.* Cuarteo del Agregado Fino (arena gruesa).

Fuente: Elaboración Propia.

### **Agregado Fino (vidrio molido)**

Se tomó una muestra del agregado el cual paso por un proceso de trituración, se procedió a cuartear el material, luego se pesó la muestra obtenida por el cuarteo (600 gr), introducimos el agregado en la columna de tamices ordenadas de acuerdo a la norma NTP 400.012, se procedió a agitar con la maquinaria según el anexo 4, para que sólo quede el material que en verdad es retenido, una vez que se concluyó el tamizado se procedió a pesar lo que ha sido retenido en cada malla y en el fondo de la cacerola todos estos datos son recolectados mediante formatos visados por el laboratorio UNI-LEM de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).



*Figura 8.* Cuarteo del Agregado Fino (vidrio molido).

Fuente: Elaboración Propia.

## Agregado Grueso

Se tomó una muestra de agregado de la cantera seleccionada, se procedió a cuartear, en seguida fue pesada la muestra obtenida por el cuarteo (10000 gr), se introdujo el agregado en las mallas correctamente ordenadas de acuerdo a la norma NTP 400.012, se agitó, para que sólo quede el material que en verdad es retenido, una vez que se concluyó el tamizado se procedió a pesar lo que ha sido retenido en cada malla.

Luego de haber realizado el ensayo para el agregado fino y grueso, se procedió a la realización de los cálculos.



*Figura 9.* Cuarteo del Agregado Grueso (piedra chancada).

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.6.5 Ensayo de Contenido de Humedad (NTP 339.185)

El ensayo por finalidad, determinó el contenido de humedad de una muestra de suelo, la humedad del suelo estuvo formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica, el método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, para lo cual se extraerá según la tabla 9 un tamaño determinado de

la muestra a analizar, si las partículas sobrepasan del cuadro del tamaño de la muestra del agregado requerirán más tiempo de secado para que la humedad se desplace, no siendo este nuestro caso, para fines se determina la fórmula según la NTP 339.185.

**Tabla 9.**

*Tamaño de la muestra de agregado.*

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg
4,75 (0,187) (No .4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (1 1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0
150,0 (6)	50,0

A: Sobre la base de los tamices de la NTP 350.001

B: Determinar la masa para muestras mínimas para agregados ligeros multiplicando el valor indicado por la unidad de masa en base seca del agregado en Kg/m y dividido por 1600

Fuente: NTP 400.036

Fórmula para calcular el contenido de humedad total evaporable.

$$P = 100 (W-D) / D$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

### **Materiales y equipos**

Como material fue el agregado grueso o fino con humedad natural con los equipos y un horno a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , una balanza, taras y un cucharón metálico y recipiente para las muestras.

### **Procedimiento**

Este ensayo se tiene que ser preciso con un margen de error de 0,1% para determinar su contenido de humedad. Todos los datos se detallarán en los formatos aprobados por el Laboratorio N° 01 de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNI-LEM (Laboratorio Certificado ISO 9001). Según anexo 5.

### **Agregado Fino**

En primer lugar, se pesó las taras, luego se tomó un cálculo aproximado de material, se colocó el agregado fino húmedo en las taras y se pesó, se colocó en el horno durante 24 horas a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ , posterior al tiempo transcurrido se dejó enfriar la muestra de agregado a la temperatura ambiente para luego ser pesada (tara + muestra seca) y se realizó el cálculo del Contenido de Humedad (%).



*Figura 10.* Horno de secado temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Fuente: Elaboración Propia.

## Agregado Grueso

Se inició con el pesado de taras, luego un cálculo aproximado de material, se colocó el agregado grueso húmedo en las taras y se pesó, se colocó en el horno durante 24 horas a una temperatura de 100°C, se dejó enfriar la muestra de agregado a la temperatura ambiente para luego ser pesada (tara + muestra seca) y finalmente se hace el cálculo del Contenido de Humedad (%).

### 2.6.6 Ensayo de Peso Unitario (NTP 400.017, 1999)

El peso unitario se determinó en su fase suelta o en su fase compactada, se denomina peso unitario suelto (PUS), cuando para determinarlo se colocó el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame, se niveló al ras con una varilla. Se denominó peso unitario compactado (PUC) cuando el agregado ha sido sometido a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y el valor de la masa unitaria.

Para encontrar el Peso Unitario compactado o suelto se aplica el siguiente cálculo el cual determinaremos según la Norma Técnica peruana (NTP 400.017).

$$M = (G - T)/V \quad (1)$$

$$M = (G - T)*F \quad (2)$$

*Ecuación 3. Fórmula para hallar el peso unitario.*

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup> (lb/p<sup>3</sup>)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)

T = Peso del recipiente de medida en kg (lb)

V = Volumen de la medida en m<sup>3</sup> (p<sup>3</sup>)

F = Factor de la medida en m<sup>-3</sup> (p-3)

Para determinar el peso unitario por este método de ensayo solo es para agregado en estado seco. Si se desea calcular el peso unitario en estado saturado con superficie seca (SSS), utilice el procedimiento descrito de este método y en este caso calcule el peso unitario SSS con el siguiente calculo.

$$M_{SSS} = M[1 + (A/100)] \quad (3)$$

*Ecuación 4. Fórmula para hallar el peso unitario superficial seco.*

Donde:

M<sub>SSS</sub> = Peso Unitario en la condición Saturado Superficial Seco, en kg/m<sup>3</sup>  
(lb/p<sup>3</sup>)

A = Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 ó NTP 400.022

Para calcular el contenido de vacíos del agregado utilizando el peso unitario calculado según el peso unitario del agregado (01) (02).

$$\% \text{ vacíos} = 100[(S \times W) - M] / (S \times W) \quad (4)$$

*Ecuación 5. Fórmula para hallar el porcentaje de vacío.*

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup> (lb/p<sup>3</sup>)

S = Peso Específico de masa (base seca) determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022

W = Densidad del agua, 998 kg/m<sup>3</sup> (62,3 lb/p<sup>3</sup>)

La expresión de los resultados del peso unitario a una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup> (1 lb/p<sup>3</sup>).

### **Materiales y equipos**

Como material se utilizó agregado grueso y/o fino suficiente para exceder la capacidad del molde; y como equipos una balanza con precisión de 0.1%, una varilla compactadora, una varilla lisa redonda de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo, teniendo un extremo o ambos redondeados a una punta semiesférica de 5/8" de diámetro, un recipiente volumétrico (molde) y un cucharón metálico de tamaño conveniente para llenar el molde.



*Figura 11.* Balanza para agregados con certificado de Calibración.

Fuente: Elaboración Propia.

### **Procedimiento**

Aplicaremos este método de ensayo el cual determinará las relaciones masa/volumen del agregado y el recipiente, en condiciones de suelto y compactado y también se hallará el cálculo del porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado según su densidad de masa. Todos los datos se detallarán en los formatos aprobados por el Laboratorio N° 01 de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNI-LEM (Laboratorio Certificado ISO 9001). Según anexo 6.

### **Peso Unitario Suelto para el Agregado Fino y Grueso**

En primer lugar, se determinó que el peso del molde, se colocó el molde en un sitio nivelado sobre una bandeja metálica, luego con la ayuda del cucharón metálico se colocó el agregado en el molde desde una altura que no exceda de 2", seguidamente se pasó a nivelar con la varilla, luego se pesó el molde con el agregado anotando así el valor obtenido en kg, el proceso debe hacerse 3 veces (agregado grueso y fino).



*Figura 12.* Peso unitario suelto del agregado grueso.

Fuente: Elaboración Propia.

### **Peso Unitario Compactado para el Agregado Fino y Grueso**

En primer lugar se determinó el peso del molde, se colocó el molde en un sitio nivelado sobre una bandeja metálica, luego se agregó el material en el molde hasta un tercio de su altura, luego se compacta con la varilla con 25 golpes uniformemente, seguidamente se llenó el molde hasta dos tercios su altura, para nuevamente compactar con la varilla con 25 golpes, posteriormente se llenó el molde con una última capa hasta rebosarlo, aplicando así 25 golpes más con la varilla, luego se enrasar con la misma varilla y luego pesamos en la balanza, obteniendo así el peso del material compactado más el molde, este procedimiento se realizó tres veces y luego obtener su promedio.



*Figura 13.* Peso unitario del material compactado del agregado grueso.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### 2.6.7 Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso, pero se debe seleccionar la muestra según el método indicado en la NTP 400.010, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección en cuanto al agua que se agregara al diseño, y para el control de uniformidad de sus características físicas. Para realizar este ensayo se deben de cumplir el peso mínimo según el tamaño de la muestra el cual se muestra en la tabla 10 el cual se debe de cumplir los procedimientos y los tamices según los parámetros de las normas NTP 400.022 - ASTM D 448 - ASTM C 702.

En este proceso se necesita sumergir el material para que los poros del material se llenen completamente de agua por lo cual se debe sumergir el material 24 horas este ensayo no es aplicable para materiales ligeros ya que no se garantiza la absorción del agua en su totalidad. Al sumergir las 24 horas aproximadamente luego de retirar el agua se seca el material de la superficie y se pesa la muestra, posteriormente el material es secado, y luego es pesado por tercera vez.

**Tabla 10.**

*Peso mínimo de la muestra de ensayo.*

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112(4 ½)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente: NTP 400.021

Fórmula para calcular el peso de la masa (Pem).

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

*Ecuación 6.* Fórmula para hallar el peso de la masa.

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, en gramos.

B = Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire, en gramos.

C = Peso en el agua de la muestra saturada, en gramos.

Fórmula Peso específico de masa saturada con superficie seca.

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

*Ecuación 7.* Fórmula para hallar el peso de la muestra superficialmente seca el aire.

Donde:

(PeSSS) = Peso de la muestra superficial mente seca en el aire, en gramos.

Fórmula Peso específico aparente.

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

*Ecuación 8.* Fórmula para hallar el peso de la muestra seca al aire.

Donde:

(Pea) = Peso de la muestra seca en el aire, en gramos.

Fórmula Absorción

$$Ab, (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

*Ecuación 9.* Fórmula para hallar la absorción.

Donde:

(Ab) = Peso de la muestra seca en el aire, en gramos.

## **Materiales y equipos**

Como material se usó un agregado grueso recolectada según el procedimiento en la NTP 400.010, y como equipos una balanza sensible a 0,5 g., una franela para que se absorba el agua, taras de los envases y/o recipientes a utilizar, una canastilla metálica con un tamiz N° 6 esto será muy importante para prevenir el aire atrapado en el envase, un tanque con

agua para sumergir el material, tamices para tamizar el material y por último estufa y/o horno para el secado.



*Figura 14.* Peso específico del agregado grueso  
Fuente: Elaboración Propia.

### **Procedimiento**

En primer lugar se seleccionó la muestra de agregado grueso, luego se remojó el agregado durante 24 horas en agua, seguido de 24 horas se secó el agregado con una franela, para que éste se encuentre en estado saturado superficialmente seco (SSS), se pesó una tara en donde se colocó el agregado, se pesó la muestra en estado de las SSS con la tara, se depositó la muestra en una canastilla metálica, la cual fue sumergida en el tanque con agua, sujeta a un gancho la cual conectaba con una balanza, se obtuvo así el peso sumergido del agregado, luego se colocó la muestra en una tara, la cual fue pesada y después colocada en el horno durante 24 horas, se retiró la muestra del horno, la cual fue pesada nuevamente. Todos los datos se detallarán en los formatos aprobados por el Laboratorio N° 01 de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNI-LEM (Laboratorio Certificado ISO 9001). Según anexo 7.

#### 2.6.8 Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)

La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) es la característica general para el volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas de concreto en el que se contienen agregados, cemento Portland, y otras mezclas que son analizadas sobre el volumen absoluto. (SSD) también se utiliza en el cálculo de los vacíos entre partículas en la NTP 400.036. También se utiliza en la determinación de la humedad superficial del agregado fino por desplazamiento de agua en el Método de Ensayo de la ASTM C70. También la (SSD) se usa si el agregado está húmedo, es decir, si su absorción se ha cumplido. Caso contrario, la densidad o densidad relativa (gravedad específica) (OD) se utiliza cuando el agregado está seco.

La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) define que el material sólido que componen sus partículas, no incluye el espacio de los poros dentro de las partículas del cual sea accesible al agua. Este valor no se utiliza comúnmente en la tecnología de construcción.

Los valores de absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros dentro de las partículas, en comparación con la condición seca. En resumen, de las 3 aplicaciones peso específico es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a temperaturas indicadas. Absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en agua.

Para determinar Densidad relativa (gravedad específica) (seca al horno seco) se aplicará los cálculos según los parámetros técnicos de la NTP 400.022 en el anexo 7.

## Materiales y equipos

Como material se usó un agregado fino, un molde de cono truncado, un apisonador, una balanza, taras, un frasco Le Chatelier de 1 ml, agua y una estufa y/o horno.



*Figura 15.* Frasco de Le Chatelier ensayo al agregado fino (arena gruesa).

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 16.* Cono Truncado ensayo al agregado fino (arena gruesa).

Fuente: Elaboración Propia.

## Procedimiento

En primer lugar se seleccionó la muestra de agregado fino, se remojo el agregado durante 24 horas en agua, se dejó secar a la intemperie a temperatura ambiente para que éste se encuentre en estado saturado superficialmente seco (SSS), luego se comprobó si la muestra estaba en estado de las SSS, realizando así un ensayo en un pequeño cono metálico truncado con un apisonador, el cono metálico es colocado con su diámetro mayor debajo, luego se introduce el agregado hasta rebasar el cono luego se compactada con 25 golpes, después se enrasa y finalmente el conito es levantado para así comprobar si el agregado está o no en estado saturado superficialmente seco, después se pesó una tara en donde se colocó el agregado, luego pesamos la muestra en estado de las SSS (500 gr) con la tara, después pasamos a pesar en el frasco de le chatelier, para luego llenar de agua hasta los 1000 ml y pesamos, obteniendo así el peso del frasco de le chatelier, más el agua, seguidamente se vació un poco del agua que se encuentra en el Frasco de Le chatelier, para así introducir el agregado fino (500 gr), agitamos el frasco de le chatelier, que contiene al agregado aproximadamente durante 20 minutos, después del tiempo transcurrido se llena el frasco de le chatelier, con agua hasta los 1000 ml y pesamos, finalmente se colocó el material que se encuentro en el frasco de le chatelier, en una tara y se colocó en el horno durante 24 horas y por último se lo pesó.

El mismo procedimiento se realizó con ambos materiales (vidrio reciclado molido y arena gruesa) finos, el cual se procedió a evaluar sus propiedades.

2.6.9. Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) en agregados (NTP 400.018, 2002)

La muestra de material fue lavada de la manera prescrita, utilizando agua libre de impurezas o agua que contenía un agente humectante, cuando se especificó. La pérdida en masa que resulta del tratamiento de lavado se calculó como un porcentaje de masa del espécimen original y se informa como el porcentaje de material más fino que el tamiz de 0,075 mm (N° 200) por lavado. Para realizar este ensayo se deben de cumplir el peso mínimo según el tamaño de la muestra el cual se muestra en la tabla 11 el cual se debe de cumplir los procedimientos y los términos utilizados en esta NTP, tenemos como referencias a las NTP 400.011, NTP 339.037 y NTP 339.047.

**Tabla 11.**

*Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso global.*

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.018

Finalmente, con la porción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4), puede quedar reducida utilizando un sacudidor mecánico según el método ASTM C 702. Si se siguió este procedimiento, calcular la masa.

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

*Ecuación 10. Fórmula para hallar el incremento de masa.*

Donde:

A = masa del incremento de la medida sobre la base de la muestra total.

W1 = masa de la fracción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4) en la muestra total.

W2 = masa de la porción reducida de material más fino que la malla de 4,75 mm (N° 4) efectivamente tamizada.

B = masa del incremento en la porción reducida tamizada.

### **Materiales y equipos**

Se tiene como material a una muestra de agregado fino (vidrio reciclado molido y arena gruesa), balanza que de exactitud y aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, los tamices deberán Los tamices cumplirán con la NTP 350.001, un contenedor de vidrio y/o acero, un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C ± 5° C y un agitador mecánico de tamices el cual debe de tener un tiempo prudente de 10 minutos como máximo.



Figura 17. Agitador mecánico de tamices.

Fuente: Elaboración Propia.

## Procedimiento

En primer lugar se seleccionó la muestra de agregados, se colocó la muestra de ensayo en un contenedor y se cubrió con agua, se empezó a agitar la muestra de ensayo y así se obtuvo una completa separación de todas las partículas más finas, se vertió el agua de lavado en el tamiz N° 200, después se agregó una segunda carga de agua, agitamos y vertemos nuevamente el agua de lavado en el tamiz, el proceso se realizó varias veces, si necesario hasta que el agua esté completamente clara, se colocó el material completamente limpio en una tara, se pesó y luego se colocó en un horno a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, ya así se obtuvieron los resultados finales.

## Ensayos de Concreto Fresco

### 2.6.10. Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035)

Se determinó la docilidad también llamado “slump” del concreto fresco realizando el método del asentamiento del cono de Abrams, que puede ser elaborado en laboratorio o en obra. El cual mide la distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida

en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto.

### **Materiales y equipos**

Se tiene como material la muestra de concreto fresco, y como equipos, el cono de Abrams, una varilla compactadora lisa, una bandeja metálica, un cucharón metálico una wincha metálica, descripción del cono de Abrams en el anexo 8.

### **Procedimiento**

En primer lugar se humedeció el interior del molde cónico, se colocó en el molde sobre una bandeja metálica, ésta debe estar en una superficie plana, se sujetó firmemente el molde por las aletas con los pies, se llena el molde con concreto en tres capas, cada capa de un tercio del volumen del molde cónico, se compacto con la varilla con 25 golpes cada una, después de la última capa se enrasamos con la varilla, luego se limpió los bordes del cono de concreto sobrante esparcido, separados los pies a ambos lados de las aletas del cono y levantados cuidadosamente de forma vertical y colocados el cono de forma invertida (diámetro menor debajo), seguidamente se colocó la varilla encima del cono para así medir el asentamiento del concreto en pulgadas.



*Figura 18.* Ensayo al concreto fresco con el cono de Abrams.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 2.6.11. Peso unitario del concreto fresco (NTP 339.046, 2008)

La siguiente Norma Técnica Peruana establece un método de ensayo para determinar la densidad del concreto fresco y da las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento y el contenido de aire del concreto. El producto de los datos se define como el volumen de concreto producido con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales componentes.

#### **Materiales y equipos**

Como material se obtuvo la muestra de concreto fresco, dentro de los equipos se utilizó el molde, una varilla metálica, una balanza, un mazo de goma y una plancha metálica.



*Figura 19.* Peso unitario del concreto en su estado fresco.

Fuente: Elaboración Propia.

#### **Procedimiento**

En un inicio, se pesó el molde, luego se humedeció el molde cilíndrico, luego se colocó el concreto en tres capas, a cada capa se compacta con 25 golpes y se lo golpea con un mazo de goma de 10 a 15 golpes, después se enraza con la varilla metálica, se pulió con una plancha metálica, se limpió los residuos de concreto alrededor del molde y luego se pesó, obteniendo así el peso del molde más el concreto fresco.

#### 2.6.12. Temperatura de mezclas frescas del concreto (NTP 339.184, 2002)

El ensayo permitió medir la temperatura de mezclas de concreto recién mezclado, la temperatura medida representó la temperatura al tiempo del ensayo y puede no ser indicativa de la temperatura del concreto recién mezclado a un tiempo posterior. Pudo ser usado para verificar que el concreto satisfaga un requisito específico de temperatura.

#### **Materiales y equipos**

Se necesitó una muestra de concreto fresco, y un termómetro para concreto.

#### **Procedimiento**

El procedimiento es el siguiente, se colocó el termómetro en el concreto, para obtener la temperatura del mismo.



*Figura 20.* Termómetro para concreto.

Fuente: Base de datos.

#### **Ensayos de Concreto endurecido.**

#### 2.6.13 Esfuerzo a compresión en muestras cilíndricas de concreto (NTP 339.034, 2008)

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentre dentro de un rango prescrito hasta que ocurrió la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calculó dividiendo la carga

máxima alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

El máximo diámetro del bloque y de la probeta no excederán según la tabla 12, Los resultados de este ensayo es utilizado como referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado, operaciones de colocación y control para la evaluación de la efectividad de los aditivos.

**Tabla 12.**

*Máximo diámetro del bloque y de la probeta.*

Diámetro de probeta de ensayo	Máximo diámetro
mm	mm
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Fuente: NTP 339.034

Estos ensayos de esfuerzo a la compresión deberán reportar según la NTP 339.034 los siguientes datos, los cuales son recopilados para su posterior análisis y resultados, posteriormente se detalla según la figura 20 los tipos de fractura que se visualizan después del ensayo ya que este aportara significativamente el tipo de fatiga que sufrió.

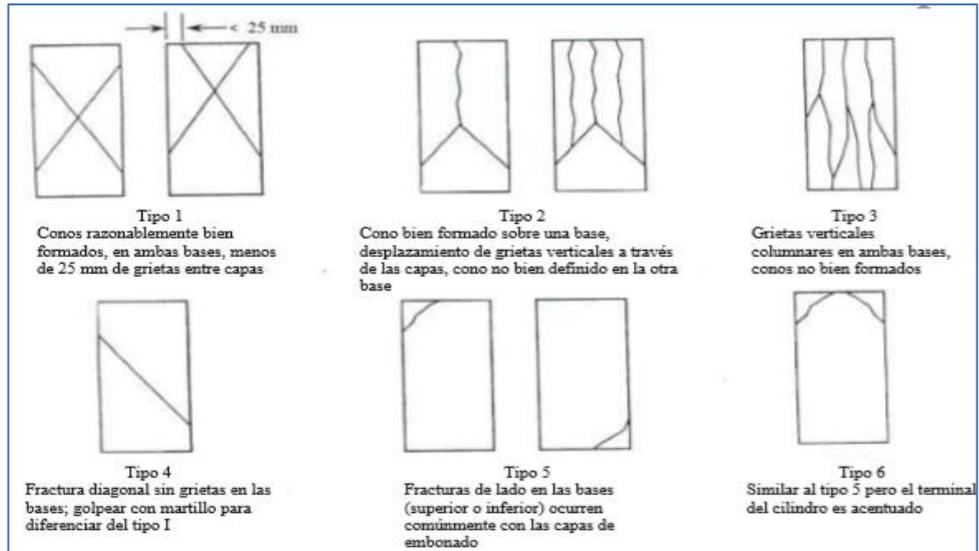


Figura 21. Esquema de los patrones de tipos de fracturas.

Fuente: NTP 339.034.

## Materiales y equipos

Se utilizó una máquina de Ensayo a Compresión, un deformímetro, las probetas cilíndricas de concreto, el vernier, una wincha, y el cronómetro.

## Procedimiento

En primer lugar, se midió el diámetro de las probetas a ser ensayadas dos veces de forma perpendicular con un vernier, también se midió la altura de las probetas dos veces con la ayuda de una wincha, se colocó la probeta de concreto en la máquina de ensayo a compresión, se colocó el deformímetro en 0 y se anota la deformación cada 1000 kg de carga axial, hasta la rotura de la probeta.



*Figura 22.* Máquina de ensayo a compresión.

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 23.* Testigos (Población de probetas).

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 24.* Testigos después del ensayo a compresión.

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

### 3.1. Análisis Descriptivo

En el presente informe se analizaron los resultados de la tesis análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019. Siendo este una tesis experimental elaborada en el laboratorio N° 01 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNILM (Laboratorio Certificado ISO 9001). Se recopilaron los datos de los ensayos a la compresión según la NTP 339.034 de las probetas con adición de vidrio molido 04 unidades con un 2% y 04 unidades con un 3% como agregado fino parcial según el diseño de mezcla elaborado en gabinete, a sus 28 días de fraguado en la cámara húmeda en el cual su resistencia a esa cantidad de días debería ser del 100% aproximadamente. En nuestra tabla 13 se muestran los resultados después de los ensayos los cuales determinaremos como “población” a la cual analizaremos nuestra por el programa SPSS v.25 como se muestran en los resultados de la

**Tabla 13.**

*Resultados de los ensayos a probetas con 2% a los 28 días*

Probeta	Convencional	Experimental
1	230	239
2	225	228
3	233	235
4	234	238

Fuente: Propia para la elaboración de los análisis estadísticos

**Tabla 14.**

*Resultados de los ensayos a probetas con 3% a los 28 días.*

Probeta	Convencional	Experimental
5	230	238
6	225	255
7	233	252
8	234	253

Fuente: Propia para la elaboración de los análisis estadísticos

Resultado del análisis sobre los resultados en probetas con adición de vidrio del 2% y 3%, comparándolo con el concreto convencional.

**Tabla 15.**

*Resumen de casos.*

<b>Resúmenes de casos</b>					
		Resistencia Compresión Convencional	Resistencia Compresión Experimental		
Grupo Probeta con Concreto		1	230,00	239,00	
		2	225,00	228,00	
		3	233,00	235,00	
		4	234,00	238,00	
	Convencional vs 2% Vidrio	Total	N	4	4
		Media		230,5000	235,0000
		Mínimo		225,00	228,00
		Máximo		234,00	239,00
		Desv. Desviación		4,04145	4,96655
	Convencional vs 3% Vidrio	Total	N	4	4
		Media		230,5000	249,5000
		Mínimo		225,00	238,00
		Máximo		234,00	255,00
Desv. Desviación			4,04145	7,76745	
Total	Total	N	8	8	
	Media		230,5000	242,2500	
	Mínimo		225,00	228,00	
	Máximo		234,00	255,00	
	Desv. Desviación		3,74166	9,82344	

a. Limitado a los primeros 100 casos.

Fuente: Elaboración propia mediante el programa SPSS v.25.

Podemos apreciar que el promedio de las resistencias a la compresión experimental (con 2% vidrio) en el primer grupo aumenta en 1.95% (de 230.50 a 235.00) con respecto al convencional.

El promedio de las resistencias a la compresión experimental (con 3% vidrio) en el segundo grupo aumenta en 8.24% (de 230.50 a 249.50) con respecto al convencional.

### 3.2. Análisis Inferencial

La estadística inferencial nos apoyara a comprender los métodos y procedimientos en cuanto a los datos adquiridos de los resultados de todos los ensayos a compresión de nuestra tesis análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019 donde nuestra población estadística seria las 39 probetas elaboradas en el laboratorio y a partir de esta se modelarán los patrones en los datos para extraer nuestra inferencia acerca de la población bajo estudio.

#### 3.2.1. Prueba de Hipótesis

A través del análisis inferencial con las pruebas de hipótesis veremos si estos aumentos a la compresión de ambos grupos son significativos.

### 3.3. Hipótesis General

**Ho:** Para el análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, no es más óptima la proporción adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019.

**Ha:** Para el análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, es más óptima la proporción adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019.

Lo que se quiere probar es si al añadir una proporción del 3% de vidrio al concreto convencional es el óptimo para aumentar de forma significativa la fuerza a la compresión sobre el concreto convencional. La hipótesis general se realizará con dos pruebas de hipótesis, una con el 2% de vidrio y el otro con el 3% de vidrio y comparar los resultados.

### **Hipótesis específica 1**

Existe diferencia significativa entre las características mecánicas del agregado fino y vidrio molido reciclado. (ESTADISTICA DESCRIPTIVA)

Según los resultados en el anexo 10 y el proceso de ensayo a los agregados finos ya mencionados destacamos los siguientes ensayos donde se evidencia la diferencia significativa entre los 2 agregados finos que fueron evaluados, aportando directa e indirectamente propiedades muy importantes para el diseño y el desempeño de la mezcla.

### **Consideraciones de la Prueba**

La tesis denominada “Análisis y diseño para la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019”. La cual se llevó a cabo en el Laboratorio N° 01 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil UNI-LEM (Laboratorio Certificado ISO 9001). Llevo a cabo como se detalló en el capítulo de metodología todos los ensayos elaborados para dar a conocimiento en esta tesis por lo cual se busca extraer las diferencias más relevantes

entre ambos materiales (vidrio reciclado molido y arena gruesa). De los datos obtenidos en el laboratorio se logrará identificar las diferencias significativas, toda la información más detallada se encontrará en el anexo 9.

### Resultados de ensayo granulométrico aplicando la norma NTP 400.012.

Lo que se puede visualizar en la tabla 16 es el resultado de los tamices para hallar el MF (Módulo de finura). Lo cual interpretamos según la NTP revelar para que una mezcla cumpla con las propiedades óptimas de un agregado fino tiene que cumplir un MF (Módulo de Finura) según la siguiente expresión:

$$MF = 2.70 < X < 3.50$$

*Ecuación 11.* Rango para el módulo de fineza.

Donde:

X = Resultado del ensayo en laboratorio.

**Tabla 16.**

*Ensayo granulométrico del agregado (ARENA GRUESA)*

Tamiz	Peso Ret. (g)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
3/8"	0.00	-	-	-
N° 4	22.90	3.82	3.82	96.18
N° 8	93.80	15.63	19.45	80.55
N° 16	153.00	25.50	44.95	55.05
N° 30	141.60	23.60	68.55	31.45
N° 50	83.50	13.92	82.47	17.53
N° 100	55.80	9.30	91.77	8.23
FONDO	49.40	8.23	100.00	-
TOTAL	600.00	100.00		

Fuente: Propia para la elaboración de la hipótesis 1

Por consiguiente, el resultado según el ensayo del laboratorio su módulo de finura es de 3.11 donde podríamos afirmar que si cumple con lo requerido por la NTP. Según la tabla 17 nos enseña el resultado de los tamices para hallar el MF (Modulo de finura). Por consiguiente, el resultado según el ensayo del laboratorio su módulo de finura es de 2.81 donde podríamos afirmar que si cumple con lo requerido por la NTP.

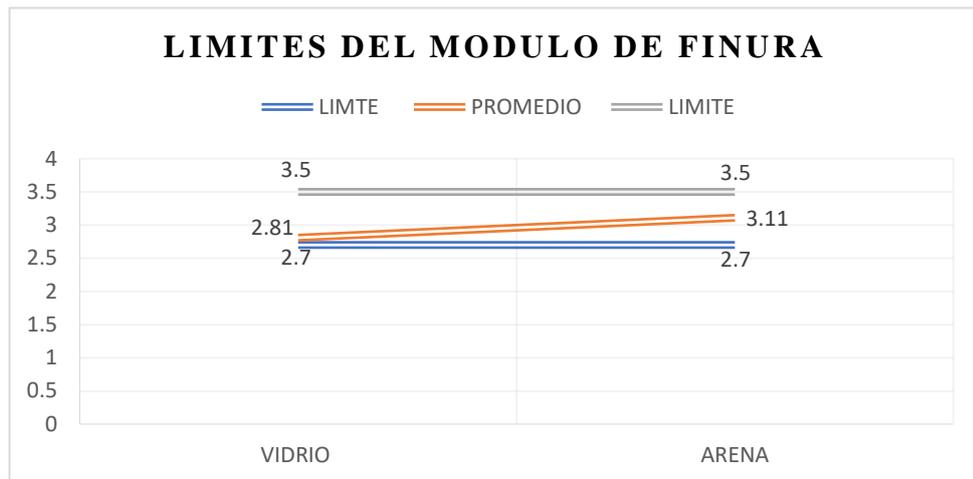
**Tabla 17.**

*Ensayo granulométrico del agregado (VIDRIO RECICLADO MOLIDO)*

Tamiz	Peso Ret. (g)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
3/8"	0.00	-	-	-
Nº 4	7.60	1.27	1.27	98.73
Nº 8	47.60	7.93	9.20	90.80
Nº 16	153.50	25.58	34.78	65.22
Nº 30	173.80	28.97	63.75	36.25
Nº 50	98.40	16.40	80.15	19.85
Nº 100	70.30	11.72	91.87	8.13
FONDO	48.80	8.13	100.00	-
<b>TOTAL</b>	<b>600.00</b>	<b>100.00</b>		

Fuente: Propia para la elaboración de la hipótesis 1.

En este punto podríamos determinar que hemos llegado a alcanzar el MF adecuado para poder considerar al vidrio reciclado molido como un agregado fino, ya que este material se encuentra en un estado procesado de diferentes formas ya sea de envases contenedores de líquidos y otros en particular. En la siguiente figura 24 podemos comparar los 2 resultados mediante un gráfico donde el vidrio se encuentra entre los límites permisibles para ser considerado un agregado fino y óptimo para la mezcla según la NTP.



Fuente: Elaboración propia.

### Resultados de ensayo contenido de humedad aplicando la norma NTP 339.185

Para el siguiente ensayo como se muestra en la tabla 18 se determina el peso inicial antes de ser ingresado al horno estos datos han sido verificados por los técnicos e ingenieros del laboratorio los cuales certificaron el ensayo. Todos estos ensayos están en el anexo 9.

**Tabla 18.**

*Ensayo de contenido de humedad del agregado (arena gruesa)*

Descripción	Peso (gr.)
Peso de la muestra en estado ambiental (g)	500.00
Peso de la muestra seca al horno (g) (Ws)	490.90
Peso del agua perdida (g) (Wh-Ws)	9.10
Contenido de humedad (%) (Wh-Ws)/Ws	1.85

Fuente: Propia para la elaboración de la hipótesis 1.

Según la tabla 19 podemos apreciar que a comparación de la tabla 18 una gran diferencia en cuanto a la absorción del material siendo el vidrio con el 0.10% de absorción de agua lo que es casi insignificante, a comparación del vidrio el cual contiene humedad del 1.85% podríamos decir que es el 95% más que el del vidrio, esto también tiene relevancia en el diseño de mezcla al realizar este estudio podemos determinar cuánta agua de por sí ya contiene el material y cuanto es lo que se debe de adicionar.

**Tabla 19.**

Ensayo de contenido de humedad del agregado (vidrio reciclado molido)

Descripción	Peso (gr.)
Peso de la muestra en estado ambiental (g)	500.00
Peso de la muestra seca al horno (g) (Ws)	499.50
Peso del agua perdida (g) (Wh-Ws)	0.05
Contenido de humedad (%) (Wh-Ws)/Ws	0.10

Fuente: Propia para la elaboración de la hipótesis 1.

### **Resultados de ensayo porcentaje de absorción en agregados NTP 400.021**

En la tabla 20 se muestra los siguientes resultados de los ensayos elaborados en el laboratorio para el agregado arena gruesa donde se puede apreciar el porcentaje de absorción por ser un material poroso. Mas resultados en el anexo 10. En el resultado que analizaremos nos detallan que el porcentaje de agua absorbida por la arena gruesa es de 1.35% lo cual es muy importante tener en conocimiento para el diseño de mezcla y dosificar la cantidad de agua que se requiere para la mezcla.

Esta cantidad de agua si bien es insignificante a los 500 gr de análisis, cuando se prepare en más cantidad el agua tiene un factor muy importante en la dosificación ya que de ella depende la trabajabilidad y la resistencia puesto que si nos excedemos de agua podría perder sus propiedades el concreto.

**Tabla 20.**

*Ensayo de porcentaje de absorción en agregado (arena gruesa)*

Descripción	Peso (gr.)
Peso de la arena superficialmente seca	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	989.10
Peso del balón	179.00
Peso del agua (W)	310.40
peso de la arena seca al horno (A)	493.30
volumen del balón (V)	500.00
Peso específico de masa $A/(V-W)$	2.60
Peso específico de masa superficialmente seca $500/(V-W)$	2.63
Peso específico aparentemente $A/(V-W)-(500-A)$	2.69
Porcentaje de absorción $(500-A) \times 100/A$	1.35

Fuente: Propia para la elaboración de la hipótesis 1.

Para el ensayo de absorción del vidrio se muestra en la tabla 21 los resultados, los cuales entenderemos que al ser un material menos poroso absorbe agua en un 0.48% en comparación con el de la arena gruesa que absorbe en 1.35% podríamos afirmar que es más del 65% de la capacidad de absorción del agua. Esta diferencia es significativa en cuanto a los materiales ya que el concreto depende mucho del agua y el fraguado inicial.

**Tabla 21.**

*Ensayo de porcentaje de absorción en agregado (vidrio reciclado molido)*

Descripción	Peso (gr.)
Peso de la arena superficialmente seca	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	989.10
Peso del balón	179.00
Peso del agua (W)	310.40
peso de la arena seca al horno (A)	493.30
volumen del balón (V)	500.00
Peso específico de masa $A/(V-W)$	2.60
Peso específico de masa superficialmente seca $500/(V-W)$	2.63
Peso específico aparentemente $A/(V-W)-(500-A)$	2.69
Porcentaje de absorción $(500-A) \times 100/A$	1.35

Fuente: Propia para la elaboración de la hipótesis 1.

### **Hipótesis específica 2**

La trabajabilidad del concreto con adición al 3% de vidrio molido es más óptima que del concreto al 2% de vidrio molido y el tradicional.

Según los procedimientos para el diseño de mezcla según el anexo 11 obtenemos los datos según la figura 25 en el cual podemos observar los valores en kg de materiales agregado grueso y agregado fino para el diseño de mezcla y la cantidad de agua que necesitamos.

En los resultados de las figuras 26, 27, 28, demostraron que el vidrio no es un agregado al cual se le tenga que adicionar más cemento para que alcance su resistencia según diseño,

por el contrario, se observó que su cantidad de agua disminuye, pero sin perder en absoluto los requerimientos del diseño ni mucho menos la resistencia requerida.

- **Diseño de mezcla para un concreto tradicional para un slum de 6"**

		A/C = 0.70										
D I S E Ñ O  - O 1	MATERIAL	PESO SECO	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	mez (Kg)		P/bol.C.	P.VOL.	Bol. Cem
	Cemento	321	3.15	0.102	1	321	1.00	9.67	Kg	42.5	1	
	Agua	225	1	0.225	0.7	224	0.70	6.72	Lt	29.6	29.6	7.6
	Arena	858	2.6	0.3305	2.67	874	2.72	26.23	Kg	115.6	2.36	
	Piedra	850	2.59	0.3275	2.64	852	2.65	25.56	Kg	112.7	2.91	
	Aire	1.5	100	0.0150								
	Aditivo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		
	Aditivo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		4" - 6"
	Aditivo 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		
	Adicion 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		6"
P.U.C.S.	2256	SUMA	0.3420	P.U.C.F.	2271	7.07						

Figura 26. Diseño de Mezcla para un concreto tradicional slump de 6".

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de mezcla para un concreto adicionando 2% de vidrio molido reciclado para un slump de 6"**

		A/C = 0.70										
D I S E Ñ O  - O 1	MATERIAL	PESO SECO	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	mez (Kg)		P/bol.C.	P.VOL.	Bol. Cem
	Cemento	321	3.15	0.102	1	321	1.00	9.64	Kg	42.5	1	
	Agua	225	1	0.225	0.7	224	0.70	6.71	Lt	29.6	29.6	7.6
	Arena	841	2.6	0.3305	2.67	874	2.67	25.71	Kg	113.3	2.34	
	Piedra	850	2.59	0.3275	2.64	852	2.65	25.56	Kg	112.7	2.91	
	Aire	1.5	100	0.0150								
	Aditivo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		
	Aditivo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		4" - 6"
	Aditivo 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		
	2% vidrio	17.17	0.00	0.00	0.05	17.17	0.05	515.00		0.00		5 1/2"
P.U.C.S.	2256	SUMA	0.3420	P.U.C.F.	2288	7.07						

Figura 27. Diseño de Mezcla para un concreto tradicional slump de 6".

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de mezcla para un concreto adicionando 3% de vidrio molido reciclado para un slump de 6"**

A/C = 0.70												
	MATERIAL	PESO SECO	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	mez (Kg)		P/bol.C.	P.VOL.	Bol. Cem
D I S E Ñ O  - 0 1	Cemento	321	3.15	0.102	1	321	1.00	9.64	Kg	42.5	1	
	Agua	225	1	0.225	0.7	224	0.70	6.72	Lt	29.6	29.6	7.6
	Arena	833	2.6	0.3305	2.59	848	2.64	25.44	Kg	115.6	2.31	
	Piedra	850	2.59	0.3275	2.64	852	2.65	25.56	Kg	112.7	2.91	
	Aire	1.5	100	0.0150								
	Aditivo 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		
	Aditivo 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		4" - 6"
	Aditivo 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		
	3% vidrio	25.75	0.00	0.00	0.80	25.75	0.08	772.60		0.00		5 3/4"
	P.U.C.S.	2256	SUMA	0.3420	P.U.C.F.	2271	7.07					

Figura 28. Diseño de Mezcla para un concreto tradicional slump de 6".

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis específica 3

La resistencia a la compresión del concreto con adición al 3% de vidrio molido es más óptima que del concreto al 2% de vidrio molido y el tradicional.

Lo que se quiere probar es si el añadir una proporción del 3% de vidrio al concreto convencional es el óptimo para aumentar de forma significativa la fuerza a la compresión. La hipótesis general se realizará con dos pruebas de hipótesis, una con el 2% de vidrio y el otro con el 3% de vidrio y comparar los resultados.

Hipótesis Nula Ho: No existe una diferencia significativa entre las medias de las Resistencias a la compresión del concreto antes y después de añadir proporciones de 2% y 3% de vidrio molido.

$$\mu_{fc} (\text{experimental}) \leq \mu_{fc} (\text{convencional})$$

Hipótesis Alternativa Ha: Existe una diferencia significativa entre las medias de las Resistencias a la compresión del concreto antes y después de añadir proporciones de 2% y 3% de vidrio molido.

$$\mu_{fc} (\text{experimental}) > \mu_{fc} (\text{convencional})$$

### **Consideraciones de la Prueba:**

Para esta prueba el estudio es de tipo longitudinal (porque se aplica dos medidas en momentos diferentes de tiempo, antes y después para cada grupo de probetas) y la variable resistencia a la compresión es numérica, por lo tanto, aplicaremos la prueba estadística T-Student para muestras relacionadas.

Como criterio para aceptar o rechazar las Hipótesis, usaremos un nivel de significancia del  $\alpha = 0.05$  y se comparará con el p-valor (valor de significancia de la prueba estadística)

Si:  $p\text{-valor} \geq \alpha = 0.05$  entonces se decide aceptar  $H_0$ , caso contrario se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ .

Para aplicar la prueba T-Student para muestras relacionadas o emparejadas se tiene que corroborar primero el supuesto de normalidad.

### **Prueba de Normalidad:**

Se probará que los datos tienen una distribución normal, para esto usaremos el programa estadístico IBM SPSS V.25, utilizando la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño de las muestras es 4 (menor a 30).

**H<sub>0</sub>:** Los valores de las resistencias tienen una distribución Normal.

**H<sub>a</sub>:** Los valores de las resistencias no tienen una distribución Normal.

**Tabla 22.**

*Prueba de normalidad.*

Grupo Probeta con Concreto		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		estadística	gl	sig.	estadístico	gl	sig.
Resistencia Compresión Convencional	Convencional vs 2% Vidrio	0.232	4		0.912	4	0.492
	Convencional vs 3% Vidrio	0.232	4		0.912	4	0.492
Resistencia Compresión Experimental	Convencional vs 2% Vidrio	0.250	4		0.878	4	0.329
	Convencional vs 3% Vidrio	0.376	4		0.776	4	0.065

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia mediante el programa shapiro - wilk

El cuadro muestra los resultados de la prueba de normalidad, donde los p-valores de significancia de la prueba de Shapiro-Wilk son todos mayores a 0.05

- Como p-valor (Convencional grupo1) = 0.492 > 0.05 entonces aceptamos Ho
- Como p-valor (Experimental 2% grupo1) = 0.329 > 0.05 entonces aceptamos Ho.
- Como p-valor (Convencional grupo2) = 0.492 > 0.05 entonces aceptamos Ho.
- Como p-valor (Experimental 3% grupo2) = 0.065 > 0.05 entonces aceptamos Ho.

Por lo tanto, concluimos que los datos de las resistencias a la compresión antes y después del experimento (2% y 3%) provienen de una distribución normal.

**Tabla 23.**

*Prueba de diferencia significativa.*

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia			t	gl	Sig. (bilateral)
					inferior 0.912	superior	sig.			
Par 1	ANTES (Convencional) - DESPUES (Con 2% Vidrio)	-4,50000	3,10913	1,55456		4	0.492	-2,895	3	0,63
Par 2	ANTES (Convencional) - DESPUES (Con 3% Vidrio)	19,00000	8,98146	4,49073	0.912	4	0.492	4,231	3	0,024

Fuente: Elaboración propia mediante el programa T-Student

- Resultados de la prueba convencional y experimental con 2% de vidrio molido:

Como p-valor (Par 1) = 0.063 > 0.05 entonces aceptamos Ho.

Por lo tanto, no existe una diferencia significativa entre las medias de las Resistencias a la compresión del concreto antes y después de añadir una proporción del 2% de vidrio molido, por lo cual se concluye con un nivel de confianza del 95% que al añadir un 2% de vidrio molido al concreto premezclado no podemos afirmar que el aumento promedio que tuvo de la resistencia a la compresión de 230.5 a 235 kg/cm<sup>2</sup> sea significativo.

- Resultados de la prueba convencional y experimental con 3% de vidrio molido:

Como p-valor (Par 2) = 0.024 < 0.05 entonces rechazamos Ho y aceptamos Ha.

Por lo tanto, si existe una diferencia significativa entre las medias de las Resistencias a la compresión del concreto antes y después de añadir una proporción del 3% de vidrio molido, por lo cual, se concluye con un nivel de confianza del 95% que al añadir un 3% de vidrio molido al concreto premezclado si tiene efectos significativos sobre la resistencia a la compresión del concreto. De hecho, la resistencia promedio aumentaron significativamente en un 8.24% de 230.5 a 249.5 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Hipótesis Estadística**

También propondremos la diferencia significativa entre los diferentes tipos de concreto con vidrio molido según la proporción.

Lo que se quiere probar es si el añadir proporciones de 2% y 3% de vidrio molido al concreto convencional, los resultados de la fuerza a la compresión de ambos concretos tienen diferencias significativas.

**Hipótesis Nula Ho:** No existe una diferencia significativa entre las medias de las resistencias a la compresión del grupo de diseño con 2% de vidrio molido y el grupo de diseño con 3% de vidrio molido.

$$\mu_{fc} (2\%) = \mu_{fc} (3\%)$$

**Hipótesis Alterna Ha:** Existe una diferencia significativa entre las medias de las resistencias a la compresión del grupo de diseño con 2% de vidrio molido y el grupo de diseño con 3% de vidrio molido.

$$\mu_{fc} (2\%) \neq \mu_{fc} (3\%)$$

**Consideraciones de la Prueba:** Para esta prueba el estudio es de tipo transversal (porque se aplica una medida a dos grupos independientes y se quiere comparar dichas medidas) y

la variable resistencia a la compresión es numérica, por lo tanto, aplicaremos la prueba estadística T-Student para muestras independientes.

Como criterio para aceptar o rechazar las Hipótesis, usaremos un nivel de significancia del  $\alpha = 0.05$  y se comparará con el p-valor (valor de significancia de la prueba estadística)

Si:  $p\text{-valor} \geq \alpha = 0.05$  entonces se decide aceptar  $H_0$ , caso contrario se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ .

Para aplicar la prueba T-Student para muestras independientes se tiene que corroborar primero los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas.

### Prueba de Normalidad:

Se comprobó que los datos tienen una distribución normal, para esto usaremos el programa estadístico IBM SPSS V.25, utilizando la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño de las muestras es 4 (menor a 30) según lo muestra la tabla N°. 24

**H<sub>0</sub>:** Los valores de las resistencias tienen una distribución Normal.

**H<sub>a</sub>:** Los valores de las resistencias no tienen una distribución Normal.

**Tabla 24.**

#### *Prueba de normalidad.*

Pruebas de normalidad								
Grupo Probeta con Concreto			Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
			estadística	gl	sig.	estadístico	gl	sig.
Grupos Experimental: Resistencia a la Compresión	Con 2% Vidrio		0,250	4	-	0.878	4	0.329
	Con 3% Vidrio		0,376	4	-	0.776	4	0.065

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia mediante el programa Shapiro-Wilk.

El cuadro muestra los resultados de la prueba de normalidad, donde los p-valores de significancia de la prueba de Shapiro-Wilk son todos mayores a 0.05:

- Como p-valor (Diseño con 2% vidrio) = 0.329 > 0.05 entonces aceptamos Ho.
- Como p-valor (Diseño con 3% vidrio) = 0.065 > 0.05 entonces aceptamos Ho.

Por lo tanto, concluimos que los datos de las resistencias a la compresión con 2% y 3% de vidrio molido provienen de una distribución normal.

### **Prueba de Homogeneidad**

Probaremos que las varianzas de ambos diseños son iguales, para esto usaremos el programa estadístico IBM SPSS V.25, utilizando la prueba de Lavene que se calcula con la prueba T-Student para muestras independientes según lo muestra la tabla N°. 25.

Ho: Las varianzas de ambos grupos son iguales

Ha: Existe diferencia significativa entre las varianzas

- Si p-valor  $\geq 0.05$  entonces aceptamos Ho
- Si p-valor < 0.05 entonces rechazamos Ho, esto es aceptamos Ha.
- Como p-valor (prueba de Levene) = 0.399 > 0.05 entonces aceptamos Ho.

**Tabla 25.**

*Prueba de muestras independientes.*

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medidas							
		F	Sig.	t	gl	Sig.(bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
										inferior	superior
Resistencia compresión experimental	Se asumen varianzas iguales	0,824	0,399	- 3,145	6	0,020	-14,50000	4,60977	- 25,77971	- 3,22029	
	No se asumen varianzas iguales	-	-	- 3,145	5,102	0,025	-14,50000	4,60977	- 26,27908	- 2,72092	

Fuente: Elaboración propia mediante el programa T-Student

Por lo tanto, concluimos que ambos diseños tienen igualdad de varianzas.

Una vez probado los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas, comparamos el p-valor de la prueba T-Student para muestras independientes.

#### **Resultados de la Prueba de T-Student:**

En el cuadro de resultados vemos que el valor de significancia p-valor para la prueba t para igualdad de medias asumiendo varianzas iguales es igual a 0.020.

#### **Resultados de ensayo a compresión NPT 339.034**

Resultados de ensayo a la compresión a los 7, 14, 21, 28 días para un concreto tradicional.

Según la tabla 26.

**Tabla 26.**

*Prueba de muestras probetas de control.*

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	
MUESTRA 01	7	10.10	80.12	16963	212		
MUESTRA 02	7	10.11	80.28	16613	207	209	probeta de control
MUESTRA 03	7	10.10	80.12	16578	207		
MUESTRA 01	14	10.14	80.67	17540	217		
MUESTRA 02	14	9.56	71.78	15489	216	219	probeta de control
MUESTRA 03	14	10.03	78.93	17611	223		
MUESTRA 01	21	10.21	81.87	18438	225		
MUESTRA 02	21	10.18	81.39	18844	232	227	probeta de control
MUESTRA 03	21	10.21	81.79	18316	224		
MUESTRA 01	28	10.10	80.04	18407	230		
MUESTRA 02	28	10.23	82.19	18462	225	230	probeta de control
MUESTRA 03	28	10.02	78.78	18326	233		
MUESTRA 04	28	10.16	80.99	18940	234		

Fuente: Elaboración propia del resultado de laboratorio.

Resultados de ensayo a la compresión a los 7, 14, 21, 28 días para un concreto adicionando el 2% de vidrio reciclado molido. Según la tabla 27.

**Tabla 27.**

*Prueba de probetas con 2% de vidrio.*

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	
MUESTRA 01	7	10.12	80.44	16532	206		
MUESTRA 02	7	10.13	80.6	16443	204	206	probeta con 2% vidrio molido
MUESTRA 03	7	10.10	80.04	16627	208		
MUESTRA 01	14	9.94	77.52	17438	225		
MUESTRA 02	14	10.23	82.19	17529	213	218	probeta con 2% vidrio molido
MUESTRA 03	14	10.21	81.87	17581	215		
MUESTRA 01	21	10.23	82.11	19090	232		
MUESTRA 02	21	10.20	81.71	18685	229	228	probeta con 2% vidrio molido
MUESTRA 03	21	10.13	80.6	18024	224		
MUESTRA 01	28	10.06	79.49	18996	239		
MUESTRA 02	28	10.26	82.68	18865	228	235	probeta con 2% vidrio molido
MUESTRA 03	28	10.34	83.97	19727	235		
MUESTRA 04	28	10.07	79.56	18969	238		

Fuente: Elaboración propia del resultado de laboratorio.

Resultados de ensayo a la compresión a los 7, 14, 21, 28 días para un concreto adicionando el 3% de vidrio reciclado molido. Según la tabla 28.

**Tabla 28.**

*Prueba de probetas con 3% de vidrio.*

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	
MUESTRA 01	7	10.13	80.6	18109	225		probeta con 3% vidrio molido
MUESTRA 02	7	10.13	80.6	17953	223	222	
MUESTRA 03	7	10.10	80.12	17434	218		
MUESTRA 01	14	10.05	79.33	18056	228		probeta con 3% vidrio molido
MUESTRA 02	14	10.07	79.56	18216	229	230	
MUESTRA 03	14	10.03	78.93	18391	233		
MUESTRA 01	21	10.17	81.23	19329	238		probeta con 3% vidrio molido
MUESTRA 02	21	10.21	81.87	19031	232	235	
MUESTRA 03	21	10.22	82.03	19360	236		
MUESTRA 01	28	10.37	84.38	20076	238		probeta con 3% vidrio molido
MUESTRA 02	28	10.06	79.41	20220	255	249	
MUESTRA 03	28	10.12	80.36	20247	252		
MUESTRA 04	28	10.05	79.33	20094	253		

Fuente: Elaboración propia del resultado de laboratorio.

Comparativo de resultado en laboratorio de ensayos a la compresión a los días correspondientes del ensayo. Según la tabla 29.

**Tabla 29.**
*Comparativo de probetas para todas las edades.*

	Muestra	Edad de Ensayo (días)	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CONCRETO TRADICIONAL	CONTROL	7	209
	CONTROL	14	219
	CONTROL	21	227
	CONTROL	28	230
CONCRETO CON 2 % DE VIDRIO MOLIDO	PROBETA CON 2%	7	206
	PROBETA CON 2%	14	218
	PROBETA CON 2%	21	228
	PROBETA CON 2%	28	235
CONCRETO CON 3 % DE VIDRIO MOLIDO	PROBETA CON 3%	7	222
	PROBETA CON 3%	14	230
	PROBETA CON 3%	21	235
	PROBETA CON 3%	28	249

Fuente: Elaboración propia del resultado de laboratorio.

Resumen de ensayos a la compresión a los 28 días Tabla 30, lo cual detalla los promedios según las muestras.

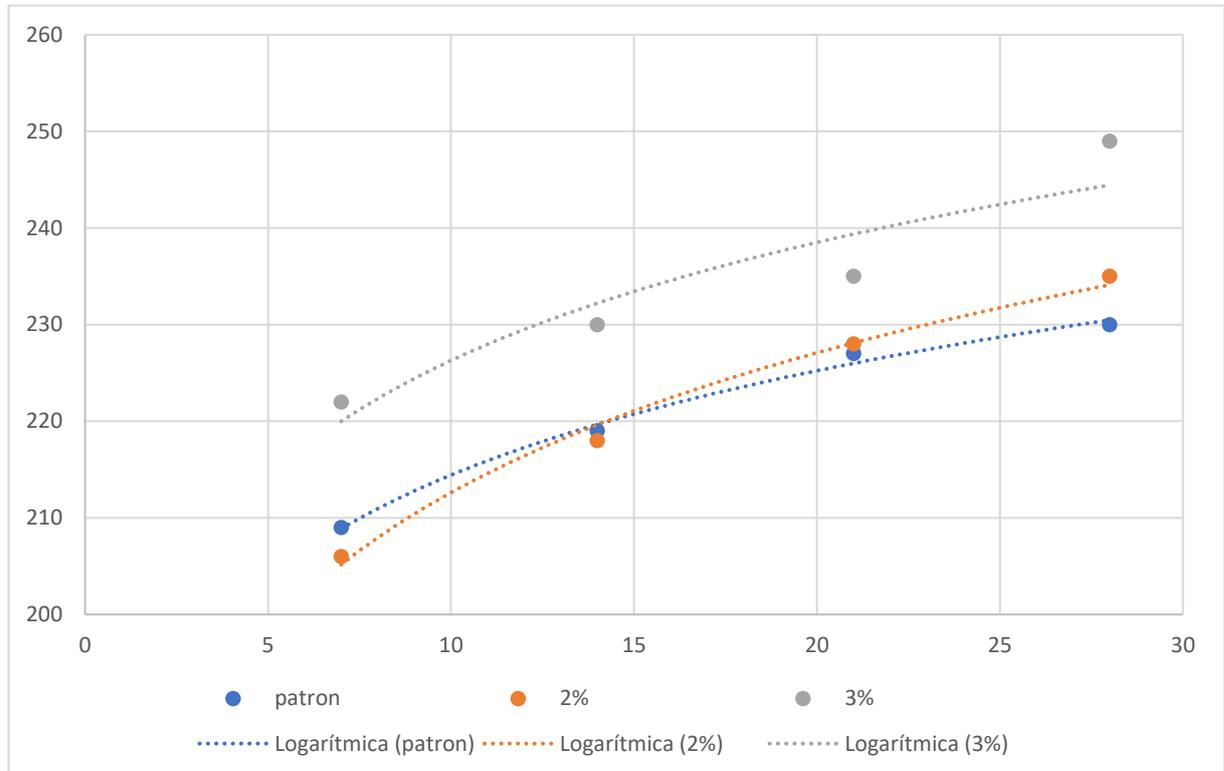
**Tabla 30.**
*Protocolo de ensayos a los 28 dias.*

Muestra	Edad de Ensayo (días)	diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	
MUESTRA 01	28	10.10	80.04	18407	230		
MUESTRA 02	28	10.23	82.19	18462	225	230	PROBETA DE CONTROL
MUESTRA 03	28	10.02	78.78	18326	233		
MUESTRA 04	28	10.16	80.99	18940	234		
MUESTRA 01	28	10.06	79.49	18996	239		
MUESTRA 02	28	10.26	82.68	18865	228	235	PROBETA CON 2% VIDRIO MOLIDO
MUESTRA 03	28	10.34	83.97	19727	235		
MUESTRA 04	28	10.07	79.56	18969	238		
MUESTRA 01	28	10.37	84.38	20076	238		
MUESTRA 02	28	10.06	79.41	20220	255	249	PROBETA CON 3% VIDRIO MOLIDO
MUESTRA 03	28	10.12	80.36	20247	252		
MUESTRA 04	28	10.05	79.33	20094	253		

Fuente: Elaboración propia del resultado de laboratorio.

Valores estadísticos según los ensayos al concreto tradicional versus los experimentales

2% y 3% de adición de vidrio molido reciclado. Según la figura 29.



*Figura 29.* Diagrama estadístico comparativo de los ensayos.

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Según Poveda, Granja, Hidalgo & Ávila (2015), en la tesis “Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al desgaste en adoquines de hormigón tipo A”, Quito-Ecuador. Presumieron en que sus experimentos con proporciones del 25%, remplazados en mezclas con vidrio molido, llegando al tamiz de 9.5mm, la resistencia a la compresión es mayor con el uso de vidrio de granulometría fina con respecto al de proporciones del 15%.

Según Terreros (2016), Colombia – Bogotá. En la tesis el proceso de mezclado, la trabajabilidad del concreto con fibra fue más difícil que la del concreto normal, fue necesario aglutinar eficazmente la fibra, sin embargo, el grado de fluidez de los dos concretos con base al ensayo de asentamiento fue de 40 mm (1½”), Por lo tanto, concluyeron que la fibra genera mayor esfuerzo manual en el proceso de mezclado.

Según Guerson & Tello (2016), en la tesis “Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional”, Perú-Barranca. La presente tesis investigo en la adición de vidrio molido reemplazando al cemento, en el cual concluyeron que no debería exceder el 5% de adición.

Se realizó una comparación del grupo de control (concreto tradicional) y el grupo experimental (concreto con vidrio molido) con un  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  para la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 7, 14, 21 y 28 días. De los resultados fueron los esperados, ya que existe una diferencia significativa entre la

resistencia a la compresión de un concreto normal  $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  con un concreto  $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  adicionado de un porcentaje 3% de vidrio.

Podemos a su vez encontrar similitud con Rojas (2015), quien expuso en su investigación el estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ , adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico, considerando la Norma Técnica Peruana 400.037, demostrando que es posible incrementar la resistencia de un concreto de  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido. Lo cual reflejó que el agregado fino de vidrio reciclado molido se comporta de la misma manera que la arena gruesa, no viéndose afectada la resistencia en cuanto a trabajabilidad.

Asimismo encontramos similitud en cuanto a buscar nuevos elementos que aporten mayor firmeza del concreto, complementado con vidrio reciclado molido, como fue el estudio de Afá & Loyola (2016), en el cual se buscó evaluar la influencia del porcentaje de fibra de vidrio alcalino (FV-AR) y el aditivo plastificante CoprePlast 102, en la resistencia a la flexión de paneles de concreto, deduciendo los porcentajes óptimos, para obtener mejores resultados aportando condiciones apropiadas para el manejo de la mezcla.

## 4.2. Conclusiones

Referente a la hipótesis 1, en lo que respecta al ensayo de **granulometría** que se le realizó a ambos materiales, se concluyó que es necesario cumplir con los tamaños según requeridos por las NTP, ya que sin ello no es posible garantizar el óptimo diseño de la mezcla, si esto se produjera en masa necesariamente tendría que cumplir estos mínimos requisitos ya que al reemplazar el vidrio molido por la arena gruesa esta no debería

alejarse del módulo de fineza requerido por la NTP e incluso cualquier material que fuese a ser evaluado. Por lo tanto es muy importante cumplir con este requisito.

Para el estudio de contenido de **humedad**, se concluyó que el aporte mediante la comparación de ambos materiales la arena aportaba agua al diseño de mezcla, en comparación con el vidrio molido que no contiene humedad por ser un material no poroso por lo que se concluye que este material antes de ser utilizado en masa se debe realizar este estudio para tener una buena dosificación del agua.

Para el estudio de **absorción de agregados**, como ya se mencionó en los estudios ejecutados según la recopilación de información, la arena gruesa al ser un material poroso absorbe una cantidad superior de agua a comparación del material experimental (vidrio reciclado molido), por el cual en teoría este material no absorbe agua ya que sus valores son insignificantes, este material es muy bueno para el diseño de mezcla ya que en teoría si la producción fuese en masa (volúmenes de concreto más altos) el valor del agua absorbido en comparación de la arena gruesa sería significativa y no perjudicial para la mezcla ya que no requiere más cemento y no pierde sus propiedades de resistencia.

Respecto a la hipótesis 2, se concluyó que según el diseño de mezcla que fue empleado en este estudio, el vidrio molido no representa ninguna variación en la que se requiera más cemento para que pueda alcanzar la resistencia requerida, de igual manera, este material requiere una producción en masa para verificar las cantidades significativas y ser evaluadas por las concreteras. Este material no quita trabajabilidad a la mezcla ya que el slump requerido de 6" se mantiene, en ambos diseños de mezclas experimentales tanto del 2% como el del 3%, la mezcla sigue conservando su trabajabilidad deseada.

Para la conclusión de la hipótesis 3, como  $p\text{-valor} = 0.020 < \alpha = 0.05$ , entonces rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_a$ . De acuerdo a los resultados estadísticos, podemos afirmar con un nivel de significancia del 5% que existe una diferencia significativa entre las medias de las resistencias a la compresión del grupo de diseño con 2% de vidrio molido y el grupo de diseño con 3% de vidrio molido de hecho, la resistencia promedio del diseño con el 3% de vidrio molido es mayor en un 6.17% al del 2% con vidrio molido el cual tiene una resistencia a la compresión por encima de los 240 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Podemos demostrar que el porcentaje mínimo de vidrio molido para que pueda llegar a los valores deseados a la compresión es del 3%, según la figura 29, entonces para porcentajes de 1% y 2% de vidrio molido en peso de dosificación, su uso podría ser mejor utilizado para acabados y afines.

El uso masivo de vidrio molido puede aportarnos una resistencia mayor en cuanto a cantidades superior del 3 % pero no dejando de lado las restricciones que tiene este material a su producción en masa. El concreto evaluado al 3% podría utilizarse en toda estructura adecuando al slump requerido no hay restricción en el diseño de mezcla.

De igual modo, al realizar el proceso de ensayo a los **agregados finos**, se observó la diferencia que existe entre las características mecánicas del agregado fino y el vidrio molido reciclado, lo cual aportó propiedades muy importantes para el diseño y el desempeño de la mezcla.

Según el ensayo del laboratorio, se obtuvo como resultado que el módulo de finura es del vidrio molido es de 2.81, lo cual reflejó que el vidrio reciclado sí cumple con lo requerido por la NTP, encontrándose dentro de los límites permisibles para ser considerado un agregado fino, siendo ello los resultados esperados.

Se demuestra de esta manera que la investigación citada en éste estudio titulada “Análisis, diseño y elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211”, así como los resultados, coinciden con los resultados de este estudio por cuanto, en ambos análisis se buscó comparar las diferencias más relevantes entre el vidrio reciclado molido y arena gruesa, en la búsqueda de nuevos materiales que aportarán firmeza a la mezcla, aprovechando recursos de desecho.

Se evaluó de igual modo, si **la trabajabilidad** del concreto con adición al 3% de vidrio molido es más óptima que del concreto al 2% de vidrio molido y el tradicional, de lo cual se obtuvo como resultado que el vidrio no es un agregado al cual se le tenga que adicionar más cemento para que alcance su resistencia según diseño, por el contrario, se observó que su cantidad de agua disminuye, pero sin perder en absoluto los requerimientos del diseño ni la resistencia requerida.

Finalmente, este estudio buscó demostrar si se aumenta de forma significativa la **fuerza a la compresión** al añadir una proporción del 2% y 3% de vidrio al concreto convencional, de lo cual, según los resultados de la prueba de normalidad, donde los p-valores de significancia de la prueba de Shapiro-Wilk son todos mayores a 0.05, por cuanto datos de las resistencias a la compresión antes y después del experimento (2% y 3%) provienen de una distribución normal. En ese orden, se obtuvo que al añadir un 2% de vidrio molido al concreto premezclado la resistencia a la compresión de 230.5 a 235 kg/cm<sup>2</sup> demostró firmeza, en una escala poco significativa, y al comparar con el 3% de adición, los resultados reflejaron igual comportamiento.

## RECOMENDACIONES

- Para el primer objetivo se indica la siguiente recomendación; el diseño de mezcla al ser experimental, el agregado fino (vidrio reciclado molido) tiene que ser producido en masa con máquinas molidoras ya que este podría minimizar el impacto ambiental y crear nuevos puestos de trabajo, este material al ser desechado no es biodegradable y podría aportar mucho a la industria de la construcción. Este material al ser recolectado y pasar por un proceso de limpieza tiene que ser triturado al tamaño requerido según la NTP para que pueda ser óptimo para la mezcla y no pierda sus propiedades, este material tiene que ser más ensayado puesto que según sus características a comparación de la arena gruesa no contiene humedad ambiente ni absorbe agua, el cual es un indicador positivo para la mezcla, ya que el concreto tiene la propiedad en el fraguado de perder agua el cual origina fisuras al momento del fraguado, y uno de los beneficios del uso de vidrio reciclado molido es aportar firmeza a la mezcla.
- Para el segundo objetivo se indica la siguiente recomendación; al ser un diseño en laboratorio y la producción mínimo requerida no se puede evaluar cambios significantes, por lo tanto se concluyó que la trabajabilidad es la misma de la requerida, esto reflejó que el agregado fino de vidrio reciclado molido se comporta de la misma manera que la arena gruesa, pero la producción en masa debe ser significativa por lo que se recomienda realizar un estudio con más cantidades para ver las variaciones en cuanto a trabajabilidad, no viéndose afectada la resistencia.
- Para el tercer objetivo se indica la siguiente recomendación; los tipos de concreto que se evaluaron detallaron que el concreto experimental con 3% de vidrio molido

reciclado es óptimo y cumple con lo requerido, pero se recomienda seguir experimentado para llegar a minimizar el uso de cemento y tener un concreto con la misma resistencia pero con menos uso de cemento, esto es muy importante ya que si bajamos el cemento y agregamos vidrio podríamos minimizar el uso de cemento pero con la misma resistencia, y aportaríamos al uso del concreto eco amigable con vidrio reciclado molido.

Como consideraciones, el costo de este concreto experimental, por sus gastos generales: transporte de recojo del vidrio molido, transporte a la molienda, costo de la molienda y transporte de la molienda al punto de mezclado, todo ello lo hace oneroso con respecto al concreto tradicional, por lo que se recomienda un sistema de industrialización del vidrio reciclado molido, para que los costos antes mencionado sean mínimos. Podemos mencionar que el uso masivo de agregados para la elaboración del concreto afecta el medio ambiente, ya que, al ser un recurso natural, este se perjudicado, por lo que el uso parcial de vidrio molido reciclado, ayuda mucho a proteger el medio ambiente, evitando en parte el uso indiscriminado del agregado.

## REFERENCIAS

- Afá, Y. Loyola, M. (2016). *Influencia del porcentaje en peso de fibra de vidrio AR y aditivo plastificante CoprePlast 102, sobre la resistencia a la flexión en paneles de concreto reforzado con fibra de vidrio (GRC)*. (Tesis para optar el grado de Ingeniero de Materiales) en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de:  
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9558/AF%C3%81%20SALDA%C3%91A%20Yahaira%20Stephanie%3B%20LOYOLA%20CARRASCAL%20Maria%20Fernanda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ASOCEM Asociación de Productores de Cemento. Cuadros estadísticos de producción de cemento y despacho de concreto a nivel nacional.  
Recuperado de:  
<http://www.asocem.org.pe/archivo/files/Reporte%20Estad%C3%ADstico%20Set2019.pdf>
- Bernal, D. (2017). *Optimización de la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos Súper Plastificantes*. (Tesis para optar el grado de Maestría en Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de:  
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1233/TESIS%20EPG%20DBD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cano, J. Cruz, C. (2017). *Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón*. (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil) en la Universidad Nacional de Pereira, Pereira, Perú. Recuperado de:

[http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/bitstream/handle/123456789/876/  
ANALISIS%20DE%20MEZCLAS%20DE%20CONCRETO.pdf?sequence=1](http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/bitstream/handle/123456789/876/ANALISIS%20DE%20MEZCLAS%20DE%20CONCRETO.pdf?sequence=1)

Espinoza, M. (2015). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. (Tesis para optar el grado de Magister en Construcción). Universidad de Cuenca, Perú. Recuperado de:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23026/1/tesis.pdf>

Instituto Geofísico del Perú. Recopilación de los sismos que afectan a nuestro litoral.

Recuperado de: <https://www.igp.gob.pe/>

Mamani, F. (2015). *Producción de agregados reciclados de los residuos de la construcción y demolición para la producción de concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca*. (Tesis para optar el grado de Maestría en ingeniería Civil). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú. Recuperado de:

<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/370>

[http://idea.manizales.unal.edu.co/publicaciones/boletines\\_ambientales/boletin131.pdf](http://idea.manizales.unal.edu.co/publicaciones/boletines_ambientales/boletin131.pdf)

Ministerio del Ambiente. Recopilación de información sobre la contaminación en diversos distritos del Perú y sus distritos en la provincia de lima.

Recuperado de: <https://www.gob.pe/minam>

Mora, W. (2016). Concreto Ecológico a Partir de Material PET, Vidrio y Tapas de Bebidas Refrescantes y Alcohólicas. *Revista Científica del Instituto de Estudios Ambientales*. 2 (5), 2-13. Recuperado de:

[http://bdigital.unal.edu.co/54103/1/concretoecologicoapartirdematerialpetvidrioytapasde  
bebidasrefrescantesyalcoholicas.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/54103/1/concretoecologicoapartirdematerialpetvidrioytapasdebebidasrefrescantesyalcoholicas.pdf)

Norma Técnica Peruana. Recopilación de las normas técnicas vigentes para los diversos estudios y ensayos.

Recuperado de: <https://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

Ochoa, L. (2018). Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbano. (Tesis para optar el grado de ingeniero civil). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.

Recuperado de:

<http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4571/Ochoa%20Tapia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peñañiel, D. *Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino*. (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil) Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Recuperado de:

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23038/1/Tesis%20%201011%20-%20Pe%C3%B1a%C3%B1iel%20Carrillo%20Daniela%20Alejandra.pdf>

Reglamento Nacional de Edificaciones. Índice de tablas y normativas vigentes.

Recuperado de: <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Robles, O. (2018). *Resistencia en concreto sistematizado con sustitución del 30% 40% y el 50% de arcilla/cemento de cusca de la Provincia de Corongo, Ancash*. (Tesis para optar el grado de Maestría en Ingeniera Civil). Universidad de San Pedro, Chimbote. Perú.

Recuperado de:

[http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10854/Tesis\\_60692.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10854/Tesis_60692.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodríguez, M. Ruiz, M (2016). Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación

de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 3 (2), 53-60.

Recuperado de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/13637>

Rojas, J. (2015). *Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de*

*f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> adicionando un porcentaje de vidrio Sódico Cálcico*. (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil) en la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Recuperado de:

[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2040/1/RE\\_ING.CIVIL\\_JOSE.ROJAS\\_RESISTENCIA.DEUN.CONCRETO.VIDRIO.SODICO\\_DATOS\\_.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2040/1/RE_ING.CIVIL_JOSE.ROJAS_RESISTENCIA.DEUN.CONCRETO.VIDRIO.SODICO_DATOS_.PDF)

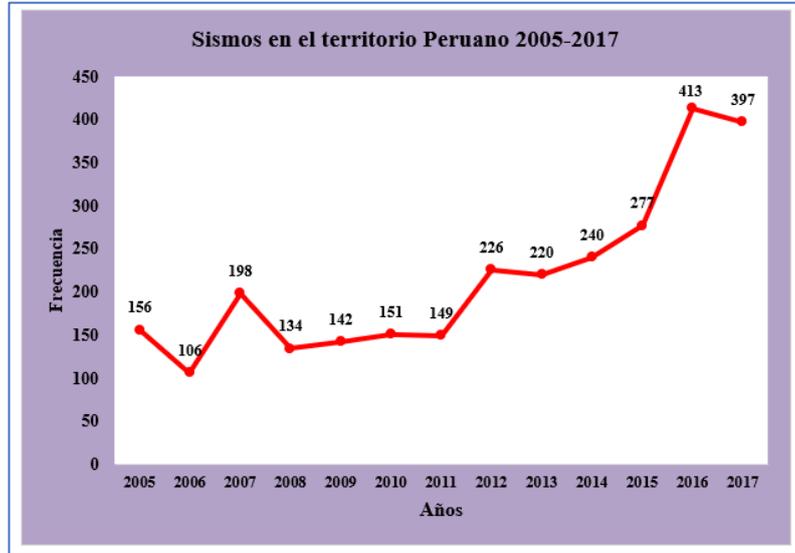
SIGERSOL Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos. Cuadros

estadísticos de contaminación con residuos sólidos y sus derivados en el Perú.

Recuperado de: <http://sigersol.minam.gob.pe/>

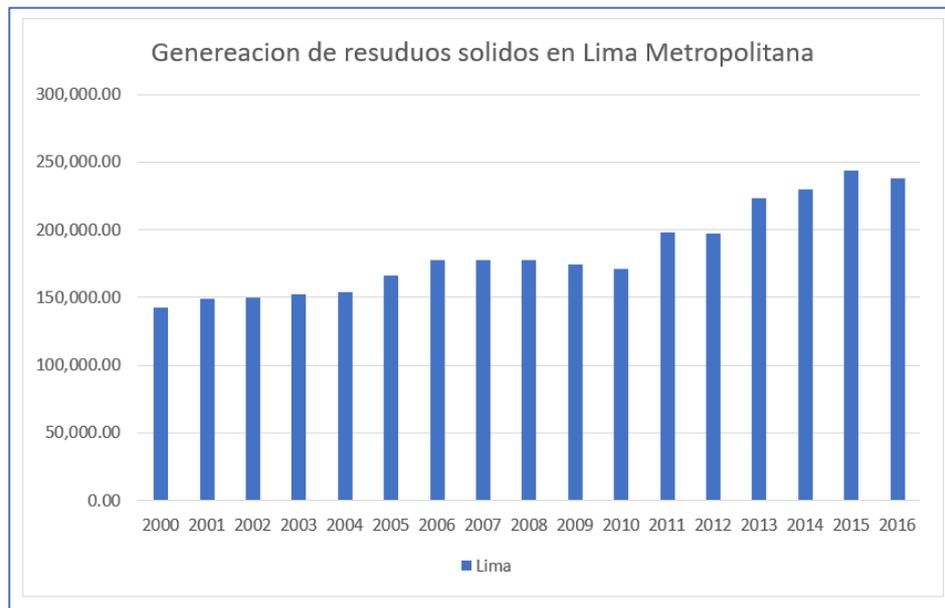
## ANEXOS

**Anexo 1.** Estadística de los sismos registrados en el territorio peruano del 2005 al 2017.



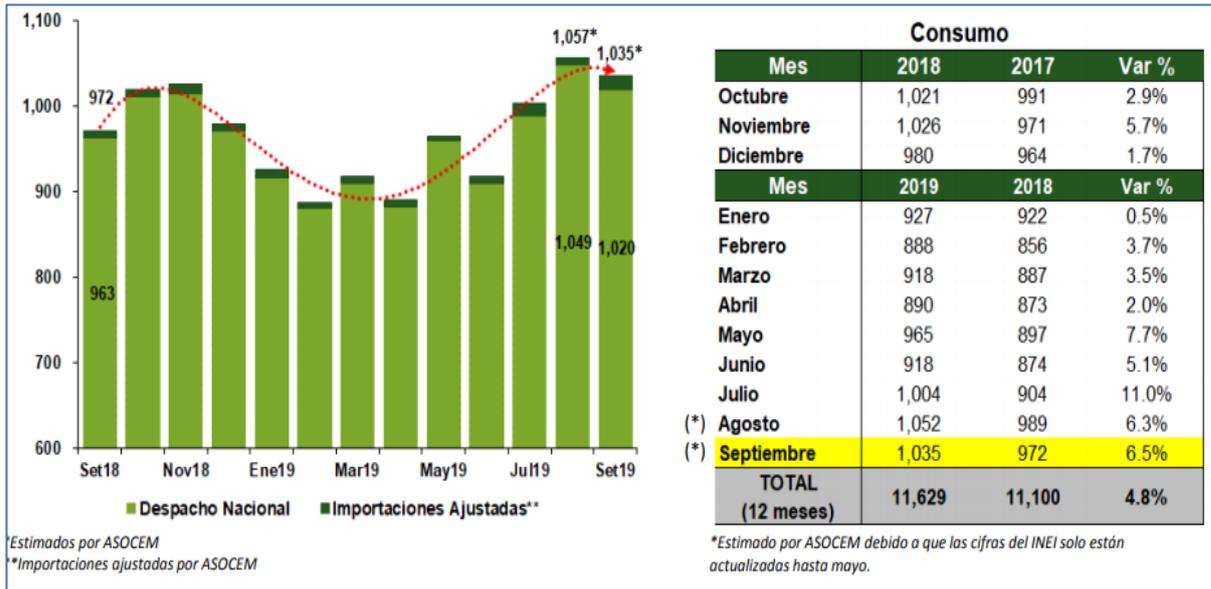
Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2018)

**Anexo 2.** Estadística de La generación de residuos sólidos desde el 2000 al 2016.



Fuente: SIGERSOL (2016)

### Anexo 3. Estadística de producción de cemento nacional e internacional.



Fuente: ASOCEM (2018)

### Anexo 4. Agitador Mecánico del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería UNI-LEM.



Fuente: elaboración propia

**Anexo 5.** Ficha de contenido de humedad para ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería.

LEM - FIC- UNI		Código:	FO1-AT-PR-20	
PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN AGREGADOS		Versión:	03	
		Página:	de	
		Fecha:	12-11-2018	
SOLICITANTE: <u>JULIO ALBERTO POMA</u>		FECHA: <u>28/2/19</u>		
Expediente N°: <u>191-06917</u>				
1.0. IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES				
Tipo		Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Cantera		<u>VIDRIO MOLIDO A-</u>		
SECADO DE MUESTRA				
INICIO DEL SECADO DE LA MUESTRA	(FECHA)	<u>26-2-19</u>	<u>9:20 AM</u>	
	(HORA)	<u>10:20 AM</u>	<u>10:30 AM</u>	
FIN DEL SECADO DE LA MUESTRA	(FECHA)	<u>27-2-19</u>		
	(HORA)	<u>10:40 AM</u>		
Horno		<u>N= 7</u>		
Balanza		<u>N= 7</u>		
Tamizadora		<u>N=</u>		
2.0. PESO UNITARIO				
A. PESO UNITARIO SUELTO				
Peso de la muestra + Recipiente (kg) (A)		Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
		<u>5650</u>		
Peso del recipiente (kg) (B)				
		<u>1576.5</u>		
Peso de la muestra (kg) (A-B)				
		<u>4073.5</u>		
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) (V)				
		<u>110 P3</u>		
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> ) (A-B)/V				
		<u>1439</u>		
B. PESO UNITARIO COMPACTADO				
Peso de la muestra + Recipiente (kg) (A)		Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
		<u>6277</u>		
Peso del recipiente (kg) (B)				
		<u>1576.5</u>		
Peso de la muestra (kg) (A-B)				
		<u>4700.5</u>		
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) (V)				
		<u>110 P3</u>		
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) (A-B)/V				
		<u>1660</u>		
3.0. CONTENIDO DE HUMEDAD				
Peso de la muestra en estado ambiental (g) (Wh)		Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
		<u>500</u>		
Peso de la muestra seca al horno (g) (Ws)				
		<u>499.5</u>		
Peso del agua perdida (g) (Wh-Ws)				
		<u>0.5</u>		
Contenido de humedad (%) (Wh-Ws)/Ws				
		<u>0.10</u>		
4.0. OBSERVACIONES				
REALIZADO POR:		Técnico:	<u>GPL</u>	
		Ingeniero Responsable:	<u>MAT</u>	

05/03/2019 08:42:38

Fuente: Lab. N°01 Laboratorio de Ingeniería Civil - UNI-LEM

**Anexo 6.** Ficha de peso unitario para ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería.

LEM - FIC- UNI		Código:	F01-AT-PR-20
PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN AGREGADOS		Versión:	03
		Página:	de
		Fecha:	12-11-2018

Expediente N°: **19-0697**

SOLICITANTE: **JULIO ALBERTO POMA ARIZA** FECHA: **28/2/19**

### 1.0. IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Tipo	<b>ARENA GR. PIEDRA CHANCADA</b>		
Cantera			

SECADO DE MUESTRA			
INICIO DEL SECADO DE LA MUESTRA	(FECHA)	<b>25-2-19</b>	<b>25-2-19</b>
	(HORA)	<b>8:10 A.M</b>	<b>8:20 A.M</b>
FIN DEL SECADO DE LA MUESTRA	(FECHA)	<b>26-2-19</b>	<b>26-2-19</b>
	(HORA)	<b>8:15 A.M</b>	<b>8:20 A.M</b>

Horno	N° 3	N° 3	
Balanza	N° 7	N° 6	
Tamizadora			

### 2.0. PESO UNITARIO

#### A. PESO UNITARIO SUELTO

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Peso de la muestra + Recipiente (kg) (A)	<b>6386.5</b>	<b>17.14</b>	
Peso del recipiente (kg) (B)	<b>1576.5</b>	<b>4.36</b>	
Peso de la muestra (kg) (A-B)	<b>4810</b>	<b>12.78</b>	
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) (V)	<b>1/10 P3</b>	<b>1/3 P3</b>	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> ) (A-B)/V	<b>1699</b>	<b>1353</b>	

#### B. PESO UNITARIO COMPACTADO

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Peso de la muestra + Recipiente (kg) (A)	<b>6910</b>	<b>19.27</b>	
Peso del recipiente (kg) (B)	<b>1576.5</b>	<b>4.36</b>	
Peso de la muestra (kg) (A-B)	<b>5333.5</b>	<b>14.91</b>	
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) (V)	<b>1/10 P3</b>	<b>1/3 P3</b>	
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) (A-B)/V	<b>1884</b>	<b>1579</b>	

### 3.0. CONTENIDO DE HUMEDAD

	Ag. Fino	Ag. Grueso	Hormigón
Peso de la muestra en estado ambiental (g) (Wh)	<b>500</b>	<b>1000</b>	
Peso de la muestra seca al horno (g) (Ws)	<b>490.9</b>	<b>997.4</b>	
Peso del agua perdida (g) (Wh-Ws)	<b>9.1</b>	<b>2.6</b>	
Contenido de humedad (%) (Wh-Ws)/Ws	<b>1.85</b>	<b>0.26</b>	

### 4.0. OBSERVACIONES

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_ Técnico: **GPL**

Ingeniero Responsable: **M.A.T**

05/03/2019 08:41:59

Fuente: Lab. N°01 Laboratorio de Ingeniería Civil - UNI-LEM

**Anexo 7.** Ficha de absorción en agregados para ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería.

LEM - FIC- UNI		Código:	F01-AT-PR-22
PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN EN AGREGADOS		Versión:	03
		Página:	de .....
		Fecha:	12-11-2018
SOLICITANTE <u>JULIO ALBERTO</u>		Expediente N° <u>19-0697</u>	
		FECHA <u>28/2/19</u>	

AGREGADO GRUESO (Basado en la Norma Técnica: NTP 400.021)		Tipo:	_____
Peso de la muestra secada al horno (A)		Cantera:	_____
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)		Peso Muestra:	_____
Peso de la muestra saturada en agua + Peso de la canastilla			
Peso de la canastilla 7cm			
Peso de la muestra saturada en agua (C)			
Peso específico de masa A/(B-C)			
Peso específico de masa superficialmente seco B/(B-C)			
Peso específico aparente A/(A-C)			
Porcentaje de absorción (B-A)X100/A			

AGREGADO FINO (Basado en la Norma Técnica: NTP 400.022)		Tipo:	<u>VIDRIO MOLIDO</u>
Peso de la arena superficialmente seca	<u>500</u>	Cantera:	_____
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	<u>974.9</u>	Peso Muestra:	<u>600</u>
Peso del balón	<u>178.7</u>		
Peso del agua (W)	<u>296.2</u>		
Peso de la arena seca al horno (A)	<u>497.6</u>		
Volumen del balón (V)	<u>500 ml</u>		
Peso específico de masa A/(V-W)	<u>2.44</u>	HORNO:	<u>Nº 7</u>
Peso específico de masa superficialmente seco 500/(V-W)	<u>2.45</u>	BALANZA:	<u>Nº 7</u>
Peso específico aparente A/(V-W)-(500-A)	<u>2.47</u>	TAMIZADORA:	_____
Porcentaje de absorción (500-A)X100/A	<u>0.48</u>		

HORMIGÓN		Tipo:	_____
Peso de la muestra secada al horno (A)		Cantera:	_____
Peso de la muestra saturada superficialmente seco (B)		Peso Muestra:	_____
Volumen de agua desplazada (C)			
Peso específico de masa A/C			
Peso específico de masa superficialmente seco B/C			
Porcentaje de absorción (B-A)X100/A			

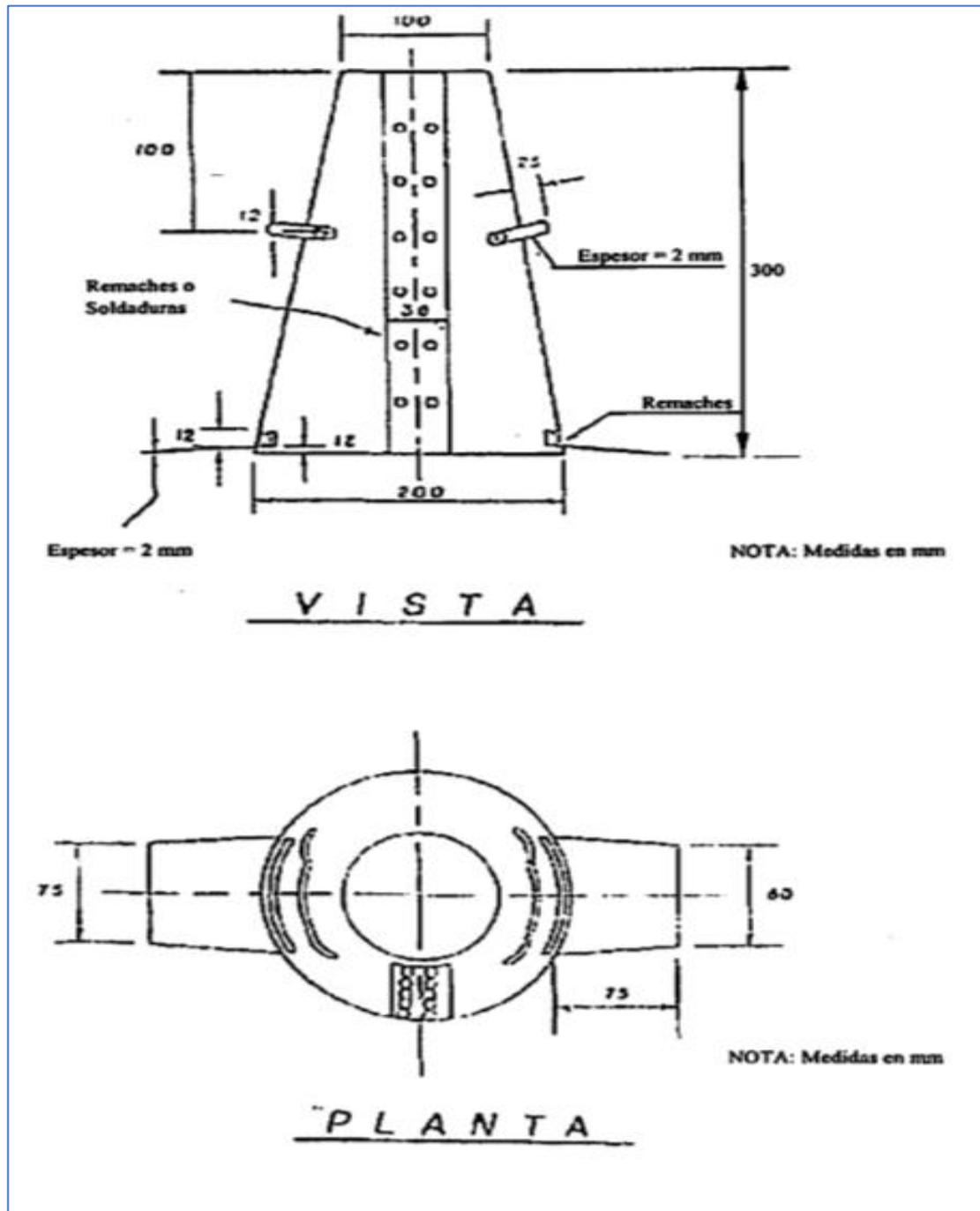
  

REALIZADO POR:	
Técnico:	<u>GPL</u>
Ingeniero Responsable:	<u>MAY</u>

05/03/2019 08:42:45

Fuente: Lab. N°01 Laboratorio de Ingeniería Civil - UNI-LEM

**Anexo 8.** Molde de ensayo para asentamiento.



Fuente: NTP 339.035 Pag. 05.

**Anexo 9.** Ficha de granulometría de agregados para ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería

**LEM-FIC-UNI**

**GRANULOMETRIA DEL AGREGADO**

Código: F01-AF-PR-16  
Versión: 05  
Página: 01  
Fecha: 14/03/2016

IDENTIFICACION: 19-0697  
SOLICITANTE: JULIO ALBERTO POMA  
FECHA: 28-2-19

**1.0 AGREGADO GRUESO**

Tamiz	Peso Ret. (g)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
Nº 4				
FONDO				
TOTAL		M.F.		

Tipo: \_\_\_\_\_  
Cartera: \_\_\_\_\_  
Peso Muestra: \_\_\_\_\_

Secado de Muestra:  
FECHA: 26-2-19 9:20 AM  
HORA: \_\_\_\_\_  
INICIO DE SECADO: 27-2-19 9:40 AM  
FIN DE SECADO: \_\_\_\_\_

**2.0 AGREGADO FINO**

Tamiz	Peso Ret. (g)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
3/8"				
Nº 4	7.6			
Nº 8	47.6			
Nº 16	153.5			
Nº 30	173.8			
Nº 50	98.4			
Nº 100	70.3			
FONDO	48.8			
TOTAL	600	M.F.		

Tipo: VIDRIO MOLIDO RECICLADO  
Cartera: \_\_\_\_\_  
Peso Muestra: 600

HORNO: N= 1  
BALANZA: N= 5  
TAMIZADORA: N= 1

**3.0 HORMIGÓN**

Tamiz	Peso Ret. (g)	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
Nº 4				
Nº 5				
Nº 16				
Nº 30				
Nº 50				
Nº 100				
FONDO				
TOTAL		M.F.		

Tipo: \_\_\_\_\_  
Cartera: \_\_\_\_\_  
Peso Muestra: \_\_\_\_\_

Realizado por:  
Técnico: GPL  
Ingeniero responsable: MAT

05/03/2019 08:42:25

Fuente: Lab. N°01 Laboratorio de Ingeniería Civil - UNI-LEM

**Anexo 10.** Resultados de absorción en agregados finos, ensayos del Laboratorio de la Universidad de Ingeniería.

AGREGADO FINO		Agregado Fino	Tipo:	ARENA GRUESA	
Peso de la arena superficialmente seca		500.00	Peso Muestra:	500	
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon + peso del agua		989.10	Secado de Muestra:		
Peso del balon		179.00			
Peso del agua (W)		310.40	FECHA:	HORA:	
peso de la arena seca al horno (A)		493.30	INICIO DE SECADO	26/02/2019	9:10 a. m.
volumen del balon (V)		500.00	FIN DE SECADO	27/02/2019	9:25 a. m.
Peso especifico de masa $A/(V-W)$		2.60			
Peso especifico de masa superficialmente seca $500/(V-W)$		2.63			
Peso especifico aparentemente $A/(V-W)-(500-A)$		2.69			
Porcentaje de absorcion $(500-A)x100/A$		1.35			

AGREGADO FINO		Agregado Fino	Tipo:	VIDRIO MOLIDO	
Peso de la arena superficialmente seca		500.00	Peso Muestra:	500	
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon + peso del agua		974.90	Secado de Muestra:		
Peso del balon		178.70			
Peso del agua (W)		296.20	FECHA:	HORA:	
peso de la arena seca al horno (A)		497.60	INICIO DE SECADO	26/02/2019	10:20 a. m.
volumen del balon (V)		500.00	FIN DE SECADO	27/02/2019	10:30 a. m.
Peso especifico de masa $A/(V-W)$		2.44			
Peso especifico de masa superficialmente seca $500/(V-W)$		2.45			
Peso especifico aparentemente $A/(V-W)-(500-A)$		2.47			
Porcentaje de absorcion $(500-A)x100/A$		0.48			

Fuente: elaboración propia de los datos del Laboratorio N° 01 – UNI-LEM

**Anexo 11.** Diseño de mezcla elaborado en el Laboratorio de la Universidad de Ingeniería.

LEM - FIC - UNI  
 DISEÑO DE MEZCLAS f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

CLIENTE : TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
 OBRA : ANALISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESION N° Expediente: 19-0667

ITEM	Unidad	Piedra	CEMENTO	SOL. Tipo	ADITIVO 1	MARCA
P.a	CM <sup>3</sup>	2.58	P.E.	3.15	P.F.	
P.U.C	CM <sup>3</sup>	194	AIRE	% Aire atrapado	1.5	
P.U.C	CM <sup>3</sup>	186	AC	AGUA		
Ab (%)		1.58	0.70	225		
Hum (%)		1.85	0.70	225		
T.M		—	0.70	225		
M.F		3.11	0.70	225		

COMBINACIÓN D1 (%) 50.2 49.8  
 COMBINACIÓN D2 (%) 50.2 49.8  
 COMBINACIÓN D3 (%) 50.2 49.8  
 COMBINACIÓN D4 (%) 50.2 49.8

Agua Propia NO

F.E. 7d 27/03/2019 F.E. 28d 17/04/2019 F.V. 20/03/2019 Volumen total 0.820

TECNICO G.P.L. AYO D.A.Z.

UNI-LEM  
 es nuestro compromiso  
 Certificado ISO

area 77.38  
 peso 76.69  
 volu 1.28

Observaciones:  
 OBS: Peso Unitario: Peso Volu+mezcla

500MP  
 6"

Volume Water  
 1/16 gal + 1.009428883  
 1/16 gal + 0.0070732167

P.U.C.F. PU 2102

Peso Unitario: Peso Volu+mezcla

Corrección de agua:  
 Agua arena 4.25  
 Agua piedra 2.58  
 Agua total 1.27

BALDE 1/3 gal

Volume Water

P.U.C.F. PU

Peso Unitario: Peso Volu+mezcla

Corrección de agua:  
 Agua arena 4.17  
 Agua piedra 2.58  
 Agua total 1.13

BALDE 1/3 gal

Volume Water

P.U.C.F. PU

Peso Unitario: Peso Volu+mezcla

Corrección de agua:  
 Agua arena 4.17  
 Agua piedra 2.58  
 Agua total 1.13

BALDE 1/3 gal

Volume Water

P.U.C.F. PU

18/03/2019 - 2.18 x 8

Copyright M.G.C.

Fuente: elaboración propia.

**Anexo 12. EPPS (Equipo de Protección Personal de Seguridad).**



*Fuente:* elaboración propia.

**Anexo 13.** Maquinaria para trabajo de campo Moledora de vidrio.



*Fuente:* elaboración propia.



*Fuente:* elaboración propia.

**Anexo 14.** Instalaciones del Laboratorio.



*Fuente:* elaboración propia.

**Anexo 15.** Solicitud para el uso de instalaciones de institución a institución.



**"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"**

Lima, 18 de febrero del 2019

Señores:

**UNI-LEM "Laboratorio con Liderazgo Académico"**  
**LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

Presente. -

Me dirijo a usted para saludarle cordialmente y a la vez, presentar al alumno **Julio Alberto Poma Ariza** identificado con código de matrícula **N° N00125406** quien se encuentra cursando el último ciclo de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Privada del Norte, modalidad – Sede Olivos.

Razón por la cual la Universidad Privada del Norte, solicita el apoyo y la autorización para el uso de las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales de la investigación a su cargo, para realizar el desarrollo de la tesis, titulado **"Análisis, diseño y elaboración de concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> con vidrio reciclado molido como agregado global. Lima 2019"**

Sin otro en particular y mi especial consideración.

Atentamente,



**CESAR MANUEL GUARDIA CALIXTRO**  
**CORDINADOR GENERAL CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**  
**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES  
18 FEB. 2019

Fuente: elaboración propia.

**Anexo 16. Orden de servicio.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZALES DE LA COTERA"**



Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET**  
Accreditation Board for Engineering and Technology  
Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

---

**Propuesta Técnico-Económica N° 079 - 2019 / LEM-FIC-UNI**

**JULIO ALBERTO POMA ARIZA** UNI, martes, 19 de febrero de 2019  
**Presente.-**

**Asunto: Propuesta técnico-económica para ensayos de laboratorio.**

**De mi consideración:**

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo(a) y asimismo hacerle llegar nuestra propuesta técnico-económica referente a los siguientes servicios:

**1. TRABAJOS A REALIZAR Y COSTOS:**

Item	Descripción de mezcla de mortero (incluye resultados)	Cantidad de ensayos	Costo Unitario Tesisista (50%)	Costo Tesisista (50%)
1	Diseño de Mezcla de Concreto.	3	300.00	900.00
2	Elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de concreto.	38	25.00	950.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>1850.00</b>
<b>I.G.V. (18%)</b>				<b>333.00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>2183.00</b>
<b>Deposito en las cuentas UNI N° 0000-246786 ó N° 0000-771309 del Banco de la Nación, CCI: 01800000000024678608. y/o en Caja de la Universidad (88%)</b>				<b>1921.04</b>
<b>Monto de Detracción (12%), depositar a la cuenta corriente N° 0000-513431 del Banco de la Nación, cuando el costo total supera los S/700.00 (Setecientos nuevos soles) .</b>				<b>261.96</b>

**NOTAS:**  
• Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web [www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)

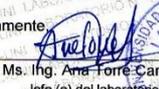
**2. FORMA DE PAGO:** 100 % por adelantado.

**3. FACILIDADES PARA EL SERVICIO:** El Solicitante proporcionará lo siguiente:

- 120 Kg Agregado fino (Para diseño).
- 150 kg de Agregado grueso (para diseño).
- 1 Bolsa de cemento (para diseño).

**4. DURACION DEL SERVICIO:** En coordinación con el solicitante.

Atentamente,

  
Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe (e) del laboratorio.



*Supervisión: MBL*

1) Planificar el trabajo  
2) Seguimiento  
3) reportar resultados

---



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)  
Laboratorio de Ensayo  
de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia.

Anexo 17. Ficha de solicitud de ensayos.

Página: 1 de 1

	<b>SOLICITUD DE SERVICIO</b>	Código:	F09-AC-PR-01	
	<b>ENSAYOS DE AGREGADOS</b>	Versión:	02	
		Fecha:	20-08-2014	

Expediente N°:

Factura N°:

<b>SOLICITANTE (EMPRESA)</b>	
<b>RUC (Cancela el Servicio)</b>	
<b>OBRA</b>	
<b>UBICACIÓN DE LA OBRA</b>	
<b>REPRESENTANTE DEL SOLICITANTE</b>	<b>Nombre:</b>
<b>DNI:</b>	<b>Teléf.:</b>
<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

N°	MARCAR (X)	NORMA TÉCNICA	ENSAYOS DE AGREGADOS	DURACIÓN ENSAYO DÍAS HÁBILES
1		NTP 400.019	Resistencia al Desgaste en Agr. Gruesos de Tamaño Pequeño M. Ángeles	5 Días
2		NTP 400.020	Resistencia del Desgaste en Agr. Gruesos de Gran Tamaño M. Ángeles	5 Días
3		NTP 400.017	Peso Unitario Compactado	4 Días
4		NTP 400.017	Peso Unitario Suelto	4 Días
5		NTP 400.022	Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	5 Días
6		NTP 400.021	Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado grueso	5 Días
7		NTP 400.012	Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global	4 Días
8		NTP 400.018	Determinación del Material que pasa el Tamiz 75 mm (Nº 200)	5 Días
9		Nº3, 4, 5, 6 y 7	<i>Propiedades Físicas de los Agregados (Agregado Fino y Agregado Grueso)</i>	5 Días
10				

N°	ESPECIFICAR AGREGADO: FINO, GRUESO, HORMIGON	TIPO	CANTERA / MARCA	PESO DE MUESTRA (Kg)

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

**Ing. Responsable:** \_\_\_\_\_ **Técnico:** \_\_\_\_\_

\* Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio [www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)

Fuente: elaboración propia.

**Anexo 18.** Ficha de solicitud de ensayos.

	<b>SOLICITUD DE SERVICIO</b>	Código:	F02-AC-PR-01	
	<b>DISEÑO DE MEZCLAS</b>	Versión:	03	
		Fecha:	22-08-2014	
Expediente N°: <input type="text"/>		Factura: <input type="text"/>		
<b>SOLICITANTE (EMPRESA)</b>				
<b>RUC (Cancela el Ensayo)</b>				
<b>OBRA</b>				
<b>UBICACIÓN DE LA OBRA</b>				
<b>REPRESENTANTE DEL SOLICITANTE</b>	Nombre: _____			
<b>DNI:</b>	<b>Teléf.:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>	
<i>Fecha de entrega: 18 Días Hábiles a partir de la fecha</i>				
Se solicita realizar..... Ensayo(s) de DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO				
<b>1) MATERIALES A EMPLEAR</b>				
CEMENTO	Tipo:	Marca:		
AGREGADO GRUESO	Tipo:	Cantera:		
AGREGADO FINO	Tipo:	Cantera:		
HORMIGON*	Procedencia:			
ADITIVO	Tipo:	Marca:	%:	
	Tipo:	Marca:	%:	
* Solo hasta Resistencia de 100 Kg/cm <sup>2</sup>				
<b>2) CALIDAD DEL CONCRETO ESPECIFICADO</b>				
RESIST. COMPRESIÓN (fc):				
ASENTAMIENTO (SLUMP):				
USO DEL CONCRETO:				
<b>3) CONDICIONES CLIMÁTICAS (Marcar con un aspa "X")</b>				
TEMPERATURA AMBIENTAL DE LA OBRA: < -5°C..... -5 a 0°C..... 0 a 5°C..... > 5°C.....				
EXPOSICIÓN A SALES Y SULFATOS: Si..... No.....				
EXPOSICIÓN A LA HUMEDAD: Húmedo..... Sumergido..... Seco.....				
<b>Observaciones:</b>	_____			
	<b>FIRMA</b>			
	Repres. Del solicitante: _____			
Ing. Responsable: _____	Técnico: _____			
*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio <a href="http://www.lem.uni.edu.pe">www.lem.uni.edu.pe</a>				

Fuente: elaboración propia.

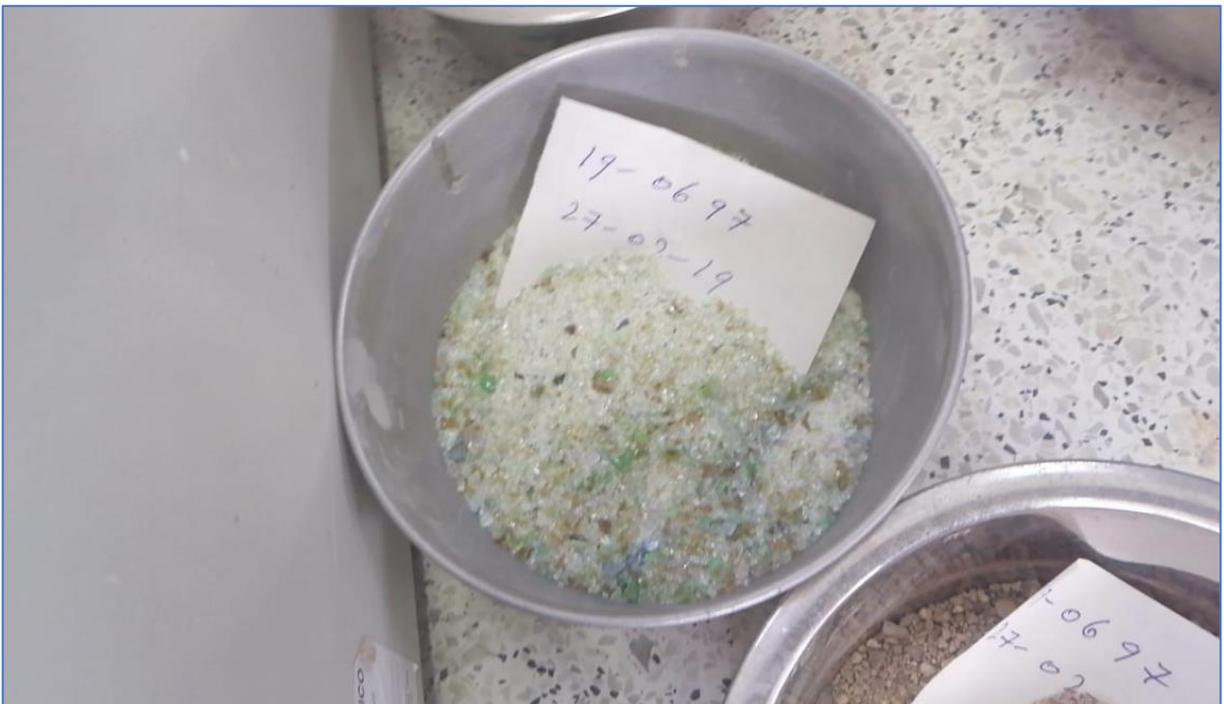
**Anexo 19.** Procedimiento del ensayo.



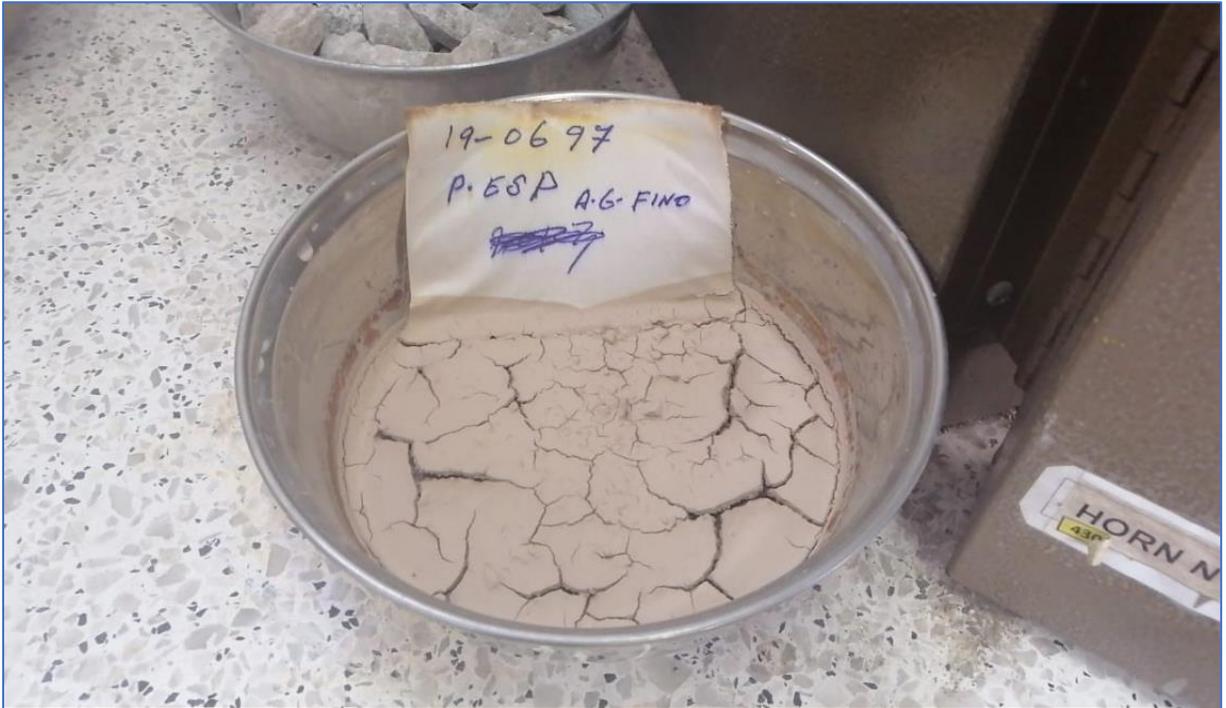
*Fuente:* elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



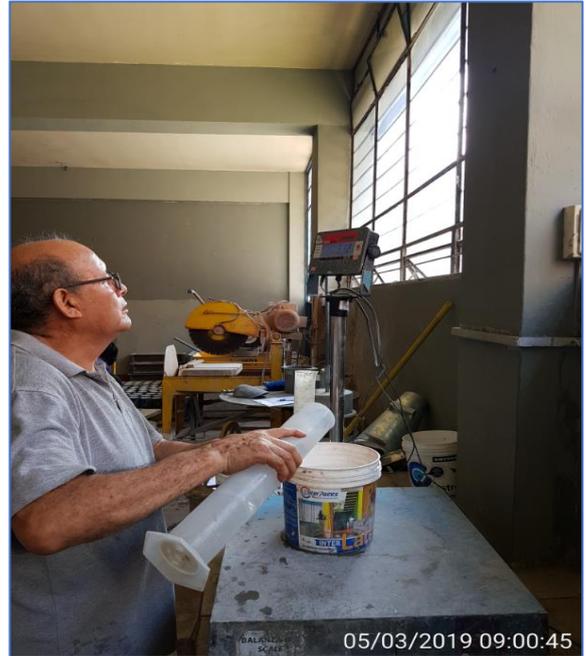
Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



*Fuente:* elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



*Fuente:* elaboración propia.



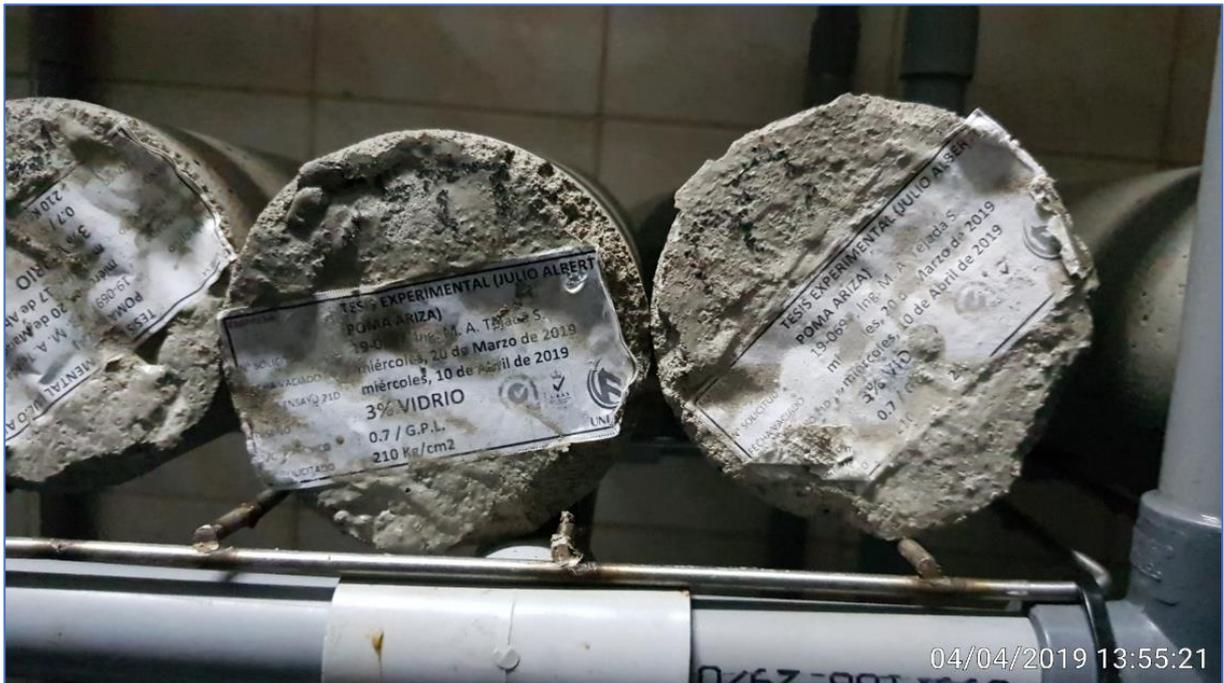
Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



*Fuente:* elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

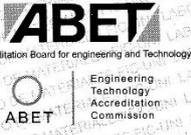


*Fuente:* elaboración propia.

**Anexo 20. Análisis, diseño y ensayo a compresión**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



Hoja 2 de 4

### INFORME

**Del A :** Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**Obra :** TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Ubicación :** ANÁLISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Asunto :** LIMA - PERÚ  
**Expediente N° :** Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Recibo N° :** 19-0697- 3  
**Fecha de emisión :** 64457  
**Fecha de emisión :** 28/03/2019

**1. DE LA MUESTRA :** El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	921 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO :** Norma de referencia NTP 339.034.2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12

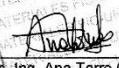
**3. RESULTADOS :**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	14	10.14	80.67	17540	217	219
MUESTRA 2	14	9.56	71.78	15489	216	
MUESTRA 3	14	10.03	78.93	17611	223	

**COEFICIENTE DE VARIACIÓN :** 1.8  
**RANGO :** 3.4%  
**ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA :** 6"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el Informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos sólo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Hoja 3 de 4

### INFORME

**Del :** Laboratorio N° 1 Ensayo de Materiales  
**A :** TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Obra :** ANÁLISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Ubicación :** LIMA - PERÚ  
**Asunto :** Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Expediente N° :** 19-0697 - 3  
**Recibo N° :** 64457  
**Fecha de emisión :** 12/04/2019

**1. DE LA MUESTRA :** El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	921 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO :** Norma de referencia NTP 339.034.2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12

**3. RESULTADOS :**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	21	10.21	81.87	18438	225	
MUESTRA 2	21	10.18	81.39	18844	232	227
MUESTRA 3	21	10.21	81.79	18316	224	

**COEFICIENTE DE VARIACIÓN :** 1.8  
**RANGO :** 3.3%  
**ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA :** 6"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

  
 Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carretera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET**  
Accreditation Board for Engineering and Technology  
Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Hoja 4 de 4

### INFORME

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Obra** : ANALISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Ubicación** : LIMA - PERÚ  
**Asunto** : Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Expediente N°** : 19-0697-3  
**Recibo N°** : 64457  
**Fecha de emisión** : 17/04/2019

**1. DE LA MUESTRA** : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	921 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015  
Procedimiento interno AT-PR-12

**3. RESULTADOS** :

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	28	10.10	80.04	18407	230	230
MUESTRA 2	28	10.23	82.19	18462	225	
MUESTRA 3	28	10.02	78.78	18326	233	
MUESTRA 4	28	10.16	80.99	18940	234	

COEFICIENTE DE VARIACIÓN : 1.8  
RANGO : 3.5%  
ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA : 6"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. G.P.L.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZALES DE LA COTERA"**



Hoja 2 de 4

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Obra** : ANALISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Ubicación** : LIMA - PERÚ  
**Asunto** : Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Expediente N°** : 19-0697- 4  
**Recibo N°** : 64457  
**Fecha de emisión** : 28/03/2019

**1. DE LA MUESTRA** : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	902.56 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg
VIDRIO MOLIDO (2% REPLAZO DE ARENA)	18.42 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12

**3. RESULTADOS**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	14	9.94	77.52	17438	225	218
MUESTRA 2	14	10.23	82.19	17529	213	
MUESTRA 3	14	10.21	81.87	17581	215	

**COEFICIENTE DE VARIACIÓN** : 2.9  
**RANGO** : 5.4%  
**ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA** : 5.5"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos sólo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



Hoja 3 de 4

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Obra** : ANALISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Ubicación** : LIMA - PERÚ  
**Asunto** : Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Expediente N°** : 19-0697-4  
**Recibo N°** : 64457  
**Fecha de emisión** : 12/04/2019

**1. DE LA MUESTRA** : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	902.58 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg
VIDRIO MOLIDO (2% REPLAZO DE ARENA)	18.42 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12

**3. RESULTADOS**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	21	10.23	82.11	19090	232	228
MUESTRA 2	21	10.20	81.71	18685	229	
MUESTRA 3	21	10.13	80.60	18024	224	

**COEFICIENTE DE VARIACIÓN** : 1.9  
**RANGO** : 3.9%  
**ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA** : 5.5"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission

### INFORME

Hoja 4 de 4

**Del:** Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A:** TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Obra:** ANALISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Ubicación:** LIMA - PERÚ  
**Asunto:** Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Expediente N°:** 19-0697- 4  
**Recibo N°:** 64457  
**Fecha de emisión:** 17/04/2019

**1. DE LA MUESTRA** : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:

CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	902.58 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg
VIDRIO MOLIDO (2% REPLAZO DE ARENA)	18.42 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034.2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12

### 3. RESULTADOS

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	28	10.06	79.49	18996	239	235
MUESTRA 2	28	10.26	82.68	18865	228	
MUESTRA 3	28	10.34	83.97	19727	235	
MUESTRA 4	28	10.07	79.56	18969	238	

COEFICIENTE DE VARIACIÓN : 2.1

RANGO : 4.6%

ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA : 5.5"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

#### NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Hoja 2 de 4

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Obra** : ANALISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Ubicación** : LIMA - PERÚ  
**Asunto** : Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Expediente N°** : 19-0697- 5  
**Recibo N°** : 64457  
**Fecha de emisión** : 28/03/2019

**1. DE LA MUESTRA** : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	893.37 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg
VIDRIO MOLIDO (3% REMPLAZO DE ARENA)	27.63 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12

**3. RESULTADOS** :

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	14	10.05	79.33	18056	228	230
MUESTRA 2	14	10.07	79.56	18216	229	
MUESTRA 3	14	10.03	78.93	18391	233	

COEFICIENTE DE VARIACIÓN : 1.2  
 RANGO: 2.3%  
 ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA : 5.75"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



Hoja 3 de 4

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Obra** : ANALISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Ubicación** : LIMA - PERÚ  
**Asunto** : Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Expediente N°** : 19-0697- 5  
**Recibo N°** : 64457  
**Fecha de emisión** : 12/04/2019

**1. DE LA MUESTRA** : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	893.37 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg
VIDRIO MOLIDO (3% REPLAZO DE ARENA)	27.63 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12

**3. RESULTADOS**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	21	10.17	81.23	19329	238	235
MUESTRA 2	21	10.21	81.87	19031	232	
MUESTRA 3	21	10.22	82.03	19360	236	

**COEFICIENTE DE VARIACIÓN** : 1.2  
**RANGO** : 2.3%  
**ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA** : 5.75"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: elaboración propia.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

**ABET**  
Accreditation Board for engineering and Technology  
Engineering Technology Accreditation Commission

Hoja 4 de 4

### INFORME

**Del:** Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A:** TESIS EXPERIMENTAL (JULIO ALBERTO POMA ARIZA)  
**Obra:** ANALISIS, DISEÑO Y ENSAYO A COMPRESIÓN  
**Ubicación:** LIMA - PERÚ  
**Asunto:** Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.  
**Expediente N°:** 19-0697- 5  
**Recibo N°:** 64457  
**Fecha de emisión:** 17/04/2019

**1. DE LA MUESTRA**  
El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla, las proporciones de los materiales por METRO CÚBICO EN OBRA son las siguientes:

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO 1	338 kg
AGUA - RED UNI	236 kg
ARENA - GRUESA	893.37 kg
PIEDRA - CHANCADA	897 kg
VIDRIO MOLIDO (3% REPLAZO DE ARENA)	27.63 kg

**2. MÉTODO DEL ENSAYO** Norma de referencia NTP 339.034:2015  
Procedimiento interno AT-PR-12

**3. RESULTADOS**

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	28	10.37	84.38	20076	238	249
MUESTRA 2	28	10.06	79.41	20220	255	
MUESTRA 3	28	10.12	80.36	20247	252	
MUESTRA 4	28	10.05	79.33	20094	253	

COEFICIENTE DE VARIACIÓN : 3.1  
RANGO: 6.7%  
ASENTAMIENTO OBTENIDO EN LA MEZCLA : 5.75"

**4. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. G.P.L.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

LABORATORIO ISO 9001 CERTIFICADO

Fuente: elaboración propia.

**Anexo 21.** Matriz de consistencia.

Título: “ANÁLISIS, DISEÑO Y ELABORACIÓN DE CONCRETO F´C=210 KG/CM2 ADICIONANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211. LIMA 2019”.					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR
<p><b>GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es la proporción ideal mediante el análisis, diseño y elaboración de concreto f´c=210 kg/cm2 adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019?</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Determinar la proporción óptima mediante análisis, diseño y elaboración de concreto f´c=210 kg/cm2 adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019.</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>La proporción ideal de la resistencia a la compresión del concreto con vidrio molido en la elaboración de probetas es el de mayor proporción.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Análisis y diseño de mezcla según la norma ACI 211.</p>	<p>Profesionales altamente calificados</p> <p>Formatos aprobados por el laboratorio para su recopilación de resultados</p>	<p>Porcentajes de materiales para un concreto f´c = 210kg/cm2</p> <p>Remplazando porcentajes de 2 y 3 % al diseño.</p> <p>Ruptura de concreto a compresión a los 7, 14, 21, 28 días.</p>
<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿Cuáles son las diferencias que existen entre las características mecánicas del agregado fino y vidrio molido reciclado?</p> <p>¿Cuál será la trabajabilidad óptima entre los concretos tradicional y con adición al 2% y 3% de vidrio molido?</p> <p>¿Qué tipo de concreto es de mayor resistencia a la compresión entre los concretos tradicional y con adición al 2% y 3% de vidrio molido?</p>	<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar las diferencias que existen entre las características mecánicas del agregado fino y vidrio molido reciclado.</p> <p>Hallar la trabajabilidad óptima entre los concretos tradicional y con adición al 2% y 3% de vidrio molido.</p> <p>Hallar la mayor resistencia a la compresión entre los concretos tradicional y con adición al 2% y 3% de vidrio molido.</p>	<p><b>ESPECIFICAS</b></p> <p>Existe diferencia significativa entre las características mecánicas del agregado fino y vidrio molido reciclado. (ESTADISTICA DESCRIPTIVA)</p> <p>La trabajabilidad del concreto con adición al 3% de vidrio molido es más óptima que del concreto al 2% de vidrio molido y el tradicional. (ESTADISTICA DESCRIPTIVA)</p> <p>La resistencia a la compresión del concreto con adición al 3% de vidrio molido es más óptima que del concreto al 2% de vidrio molido y el tradicional. (ESTADISTICA INFERENCIAL)</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Elaborar el concreto f´c=210 kg/cm2 adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino</p>	<p>Adecuada elaboración de mezcla para conformar las probetas de Concreto con proporciones diferentes de vidrio reciclado para su análisis.</p> <p>Laboratorio con ISO 9001</p> <p>Maquinaria y materiales calibrados</p>	<p>Resultados de ensayos a los materiales designado por el laboratorio de la Universidad de Ingeniería Laboratorio N°01</p> <p>Resultados de ensayos al concreto en estado fresco designado por el laboratorio de la Universidad de Ingeniería Laboratorio N°01</p> <p>Resultados de ensayo a la compresión designado por el laboratorio de la Universidad de Ingeniería Laboratorio N°01</p>

Fuente: elaboración propia