

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**  
**BENEDICTO XVI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO SOBRE LAS PROPIEDADES  
FISICO-QUIMICAS Y MECANICAS DE MORTEROS  
GEOPOLIMERIZADOS MIXTOS A BASE DE CONCRETO  
RECICLADO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Br. José Amado Vivas Reymundo

**ASESOR**

Mg. Aldo Castillo Chung

<https://orcid.org/0000-0002-2270-1671>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Vivienda, saneamiento y transporte

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

# INFORME DE TESIS - JAVR

## INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | repositorio.uct.edu.pe<br>Fuente de Internet                            | 2%  |
| 2 | Submitted to Universidad Catolica de Trujillo<br>Trabajo del estudiante | 2%  |
| 3 | repositorioacademico.upc.edu.pe<br>Fuente de Internet                   | 1%  |
| 4 | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet                                    | 1%  |
| 5 | es.scribd.com<br>Fuente de Internet                                     | 1%  |
| 6 | www.coursehero.com<br>Fuente de Internet                                | 1%  |
| 7 | repositorio.usanpedro.edu.pe<br>Fuente de Internet                      | 1%  |
| 8 | renati.sunedu.gob.pe<br>Fuente de Internet                              | <1% |
| 9 | repositorio.ucv.edu.pe<br>Fuente de Internet                            | <1% |

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Excmo. Mons. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

**Arzobispo Metropolitano de Trujillo**

**Fundador y Gran Canciller de la**

**Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI**

Dr. Luis Orlando Miranda Díaz

**Rector de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI**

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

**Vicerrectora académica**

Mg, Ing., Breiner Guillermo Díaz Rodríguez

**Decano de la Facultad de Ingeniería**

Dra. Ena Obando Peralta

**Vicerrectora Académico de Investigación**

Dr. Winston Rolando Reaño Portal

**Director de la Escuela de Posgrado**

Dra. Teresa Sofía Reategui Marin

**Secretaria General**

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor(a) Decano(a) de la Facultad de Ingeniería:

Yo, Mg Aldo Roger Castillo Chung con DNI N° 18132971, como asesora del trabajo de investigación **“INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y MECANICAS DE MORTEROS GEOPOLIMERIZADOS MIXTOS A BASE DE CONCRETO RECICLADO”**, desarrollada por el bachiller Br. José Amado Vivas Reymundo DNI N° 23569991 respectivamente, egresada del Programa Profesional de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es menor o igual al 20 %, estándar permitido por el Reglamento de grados y títulos de la Universidad Católica de Trujillo.



Mg. Aldo Castillo Chung  
DNI: 18132971

## **DEDICATORIA**

Me gustaría dedicar esta tesis a mi hija Paola por su apoyo, por su amor y por creer siempre en mí. A mis padres que me han enseñado encarar las adversidades y no desfallecer en el intento; me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi empeño, y sin pedir nunca nada a cambio. Para el amor de vida Nelly, a ella especialmente le dedico esta tesis. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza. Nunca le podré estar suficientemente agradecido.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

## **AGRADECIMIENTO**

El principal agradecimiento a Dios, quien me ha dado la fortaleza para seguir adelante. A mi hermano Carlos por su apoyo incondicional.

Agradezco a mis profesores que me guiaron y me dieron todo el apoyo para realizar esta investigación.

Y finalmente gracias a mi familia, que sin su apoyo y estímulo no habría sido posible culminar este proyecto.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, JOSÉ AMADO VIVAS REYMUNDO con DNI: 23569991, Egresado del programa de estudios de Ingeniería Civil. De la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, doy fe que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **“INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y MECANICAS DE MORTEROS GEOPOLIMERIZADOS MIXTOS A BASE DE CONCRETO RECICLADO”**, el cual consta de un total de 114 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos.

Dejo constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaro bajo juramento en razón a los requisitos éticos, que el contenido de dicho documento, corresponde a mi autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Así mismo, garantizo que los fundamentos teóricos están respaldados por la referencia bibliográfica, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual de mi responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es del 13 %, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

El autor



---

José Amado Vivas Reymundo

DNI: 23569991

## ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....   | ii   |
| CONFORMIDAD DEL ASESOR .....  | iii  |
| DEDICATORIA.....  | iv   |
| AGRADECIMIENTO .....  | v    |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....  | vi   |
| ÍNDICE .....  | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....   | x    |
| RESUMEN .....   | xii  |
| ABSTRACT .....  | xiii |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 14   |
| II. METODOLOGÍA.....  | 32   |
| 2.1. Enfoque y tipo.....  | 32   |
| 2.2. Diseño de Investigación.....   | 32   |
| 2.3. Objeto de Estudio.....   | 33   |
| 2.4. Instrumentos, técnicas, equipos de laboratorio de recojo de datos..... | 37   |
| 2.4.1. Instrumentos de recojo de datos.....                                 | 37   |
| 2.4.2. Técnicas de recojo de datos.....                                     | 37   |
| 2.4.3. Equipos de laboratorio de recojo de datos.....                       | 37   |
| 2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de información.....               | 38   |
| 2.5.1. Técnicas de procesamiento.....                                       | 38   |
| 2.5.2. Análisis de datos.....   | 40   |
| 2.6. Aspectos éticos en investigación.....                                  | 41   |
| 2.6.1. Honestidad y Transparencia.....                                      | 41   |
| 2.6.2. Equidad y Justicia.....  | 41   |

|  |    |
|--|----|
| 2.6.3. Originalidad y Reconocimiento de Fuentes.....   | 41 |
| 2.6.4. Gestión Responsable de Recursos.....  | 42 |
| 2.6.5. Integridad en la Presentación de Resultados.....  | 42 |
| III. RESULTADOS.....   | 43 |
| 3.1. Descripción de resultados.....  | 43 |
| 3.1.1. Influencia de polvo de vidrio sobre la densidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....                             | 43 |
| 3.1.2. Influencia de polvo de vidrio sobre la porosidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....                            | 44 |
| 3.1.3. Influencia de polvo de vidrio sobre la resistencia a la compresión de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....          | 46 |
| 3.1.4. Influencia de polvo de vidrio sobre el porcentaje de fases amorfas de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....          | 48 |
| 3.1.5. Influencia de polvo de vidrio sobre la formación de geles N-A-S-H y C-A-S-H de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado..... | 51 |
| 3.2. Prueba de Hipótesis.....  | 53 |
| 3.2.1. Influencia de polvo de vidrio sobre la densidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....                             | 53 |
| 3.2.2. Influencia de polvo de vidrio sobre la porosidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....                            | 56 |
| 3.2.3. Influencia de polvo de vidrio sobre la resistencia a la compresión de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....          | 59 |
| 3.2.4. Influencia de polvo de vidrio sobre el porcentaje de fases amorfas de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....          | 62 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.5. Influencia de polvo de vidrio sobre la formación de geles N-A-S-H y C-A-S-H de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado..... | 62 |
| IV. DISCUSIÓN.....   | 63 |
| V. CONCLUSIONES.....   | 68 |
| VI. RECOMENDACIONES.....   | 69 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....   | 70 |
| ANEXOS.....  | 74 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Ensayo de resistencia a la compresión de muestras de mortero de cemento.....   | 24 |
| <b>Figura 2.</b> Proceso de geopolimerización para la fabricación de geopolímero cemento/concreto.....  | 26 |
| <b>Figura 3.</b> Polvo de vidrio de desechos: (a) 0–125 $\mu\text{m}$ , (b) 300–500 $\mu\text{m}$ y (c) 500–700 $\mu\text{m}$ .....   | 28 |
| <b>Figura 4.</b> Concreto reciclado: (a) dimensiones naturales y (b) vista microscópica.....  | 30 |
| <b>Figura 5.</b> Diagrama de flujo del procedimiento experimental.....  | 40 |
| <b>Figura 6.</b> Gráfico de la influencia de polvo de vidrio sobre la densidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....  | 43 |
| <b>Figura 7.</b> Gráfico de la influencia de polvo de vidrio sobre la porosidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....   | 44 |
| <b>Figura 8.</b> Gráfico de la influencia de polvo de vidrio sobre la resistencia a la compresión de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.....                                 | 46 |
| <b>Figura 9.</b> Micrografías SEM de muestras de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado con adición de polvo de vidrio en porcentajes: a) M5%, b) M 10 %, c) M15% y d) M20%..... | 48 |
| <b>Figura 10 .</b> Gráfico de espectros FTIR de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado bajo la influencia de polvo de vidrio.....  | 51 |
| <b>Figura 11.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la densidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 7 días de ensayo.....                    | 53 |
| <b>Figura 12.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la densidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 14 días de ensayo.....                   | 54 |
| <b>Figura 13.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la densidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 28 días de ensayo.....                   | 55 |
| <b>Figura 14.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la porosidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 7 días de ensayo.....                   | 56 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 15.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la porosidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 14 días de ensayo.....                   | 57 |
| <b>Figura 16.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la porosidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 28 días de ensayo.....                   | 58 |
| <b>Figura 17.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la resistencia a la compresión de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 7 días de ensayo.....  | 59 |
| <b>Figura 18.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la resistencia a la compresión de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 14 días de ensayo..... | 60 |
| <b>Figura 19.</b> Prueba de hipótesis de la influencia de polvo de vidrio sobre la resistencia a la compresión de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado a 28 días de ensayo..... | 61 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Número total de muestras.....                  | 33 |
| <b>Tabla 2.</b> Cuadro de operacionalización de variables..... | 35 |

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito determinar la influencia del polvo de vidrio sobre las propiedades físico-químicas: densidad, porosidad, porcentaje de fases amorfas y formación de geles tipo N-A-S-H y C-A-S-H; y mecánicas, esfuerzo de compresión de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado, cumpliendo la norma ASTM C 109. Esta tesis empleó un diseño experimental y usó una metodología de carácter aplicada, explicativa y cuantitativa. Se fabricaron 75 morteros geopolímeros mixtos de dimensiones 50x50x50mm, teniendo en cuenta como parámetros de mezcla una relación a/c de 0.45 y como relación conglomerante/agregado de 1:1. Dicho material conglomerante fueron concreto reciclado pulverizado y polvo de vidrio ambos pasantes por tamiz N° 400, y como agregado fino; arena gruesa. Teniendo en cuenta que el polvo de vidrio se adicionó como reemplazo de concreto reciclado en niveles de 0%, 5%, 10 %, 15% y 20%. Por último, estas mezclas se sometieron la activación alcalina, mediante una solución de NaOH 8M. Luego de su conformación, los morteros fueron caracterizados físico-químicamente a través de métodos SEM y FTIR. Así mismo fueron caracterizados mecánicamente mediante ensayo de compresión ASTM C 109 a 7, 14 y 28 días. Como resultados se obtuvieron que ante el incremento del porcentaje de adición de polvo de vidrio en el rango 5% a 20%, se incrementó la densidad, resistencia a la compresión, formación de geles tipo N-A-S-H y C-A-S-H, y se disminuyó el porcentaje de fases amorfas y porosidad de morteros geopolimerizados mixtos a base de concreto reciclado.

**Palabras Clave:** *polvo de vidrio, geopolimerización, morteros*

## ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the influence of glass powder on the physicochemical properties: density, porosity, percentage of amorphous phases and formation of N-A-S-H and C-A-S-H type gels; and mechanical, compressive stress of mixed geopolymerized mortars based on recycled concrete, complying with ASTM C 10 9.

In this thesis was used an experimental design and used an applied, explanatory and quantitative methodology. 75 mixed geopolymer mortars with dimensions 50x50x50mm were manufactured, having a w/c ratio of 0.45 and a binder/aggregate ratio of 1:1 as mixing parameters. The binder material was pulverized recycled concrete and glass powder, both passing through a N° 400 mesh, and as fine aggregate; coarse sand. To keep in mind, the glass powder that was added was a replacement for recycled concrete at levels of 0%, 5%, 10 %, 15% and 20%. Finally, these mixtures were subjected to alkaline activation, using an 8M NaOH solution. After its manufacturing, the mortars were characterized physicochemically through SEM and FTIR methods. They were also mechanically characterized by ASTM C 10 9 compression test at 7, 14 and 28 days.

As results, it was obtained that with the increase in the percentage of addition of glass powder in the range 0% to 20%, the density, compression resistance, formation of N-A-S-H and C-A-S-H type gels increased, and the percentage of amorphous phases and porosity of mixed geopolymerized mortars based on recycled concrete was reduced.

**Keywords:** *glass powder, geopolymerization, pastes, mortars*