



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería civil

“EFECTOS DEL VIDRIO RECICLADO TRATADO, CON LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES, EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO VEHICULAR LIGERO, LIMA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Bach. Jeffersson Antony Calixto Fajardo

Asesor:

Ing. Mg. Bernal Díaz Daniel

Lima – Perú
2020

1.4. Hipótesis 47

1.4.1. Hipótesis general	47
1.4.1. Hipótesis específicas	47
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	48
2.1. Tipo y diseño de la investigación.....	48
2.2. Población y muestra	49
2.2.1. Población	49
2.2.2. Muestra	50
2.3. Métodos, instrumentos y materiales.....	50
2.3.1. Métodos	50
2.3.2. Instrumentos.....	51
2.3.3. Materiales y Equipos	52
2.4. Procedimientos	53
2.4.1. Tratamiento previo de la materia prima del vidrio reciclado.....	53
2.4.2. Caracterización de los agregados	54
2.4.3. Diseño de mezcla del concreto y diseño experimental.....	56
2.4.4. Elaboración de adoquines.....	58
CAPÍTULO III: RESULTADOS	60
3.1. Caracterización de los agregados.....	60
3.1.1. Caracterización del agregado fino.....	60
3.1.2. Caracterización del agregado grueso.....	61
3.4. Ensayos de adoquines.....	63

3.4.1. Ensayos de adoquines.....	63
3.4.2. Resistencia a compresión y absorción del diseño patrón	64
3.4.3. Resistencia a compresión y absorción del diseño de concreto con adición de vidrio reciclado tratado, con la máquina de los ángeles.....	64
3.4.4. Resistencia a compresión y absorción de los adoquines para 4 niveles de vidrio reciclado	66
3.5. Comparación entre los adoquines de concreto convencional y los adoquines con adición de vidrio reciclado	68
3.7. Comprobación de las hipótesis	70
3.7.1. Comprobación de la resistencia a la compresión y absorción en adoquines de concreto convencional tipo II.....	70
3.7.2. Comprobación del efecto de la adición de 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado, en la resistencia a la compresión y absorción en adoquines tipo II.	71
3.7.3. Comprobación de las diferencias entre la resistencia a la compresión y absorción en adoquines de concreto convencional (tipo II) contra adoquines de concreto (tipo II) adicionados con vidrio reciclado.....	75
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	76
4.1. Discusión	76
4.1.1. Resistencia a la compresión y absorción en adoquines de concreto convencional	76
4.1.2. Resistencia a la compresión y absorción en adoquines tipo II adicionados con 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado	76
4.1.3. Comparación de la resistencia a la compresión y absorción entre adoquines	

	convencionales de tipo II y adoquines adicionados con vidrio reciclado	77
4.2.	Contraste de los resultados con otras investigaciones.....	78
4.3.	Conclusiones	80
BIBLIOGRAFÍA.....		82
ANEXOS		86
Anexo 1. Matriz de consistencia.....		86
Anexo 2. Matriz de operacionalización		87
Anexo 3. Carta de validación de instrumentos.....		88
Anexo 4. Certificado de Calibración de los equipos		99
Anexo 5. Certificado de ensayos de control de calidad de los agregados.....		146
Anexo 6. Certificado de diseño de mezcla de concreto patrón – Método ACI 211		148
Anexo 7. Certificado de diseño de mezcla de concreto (5% vidrio reciclado) – Método ACI 211		150
Anexo 8. Certificado de diseño de mezcla de concreto (10% vidrio reciclado) – Método ACI 211		152
Anexo 9. Certificado de diseño de mezcla de concreto (15% vidrio reciclado) – Método ACI 211		154
Anexo 10. Certificado de unidades de albañilería método de muestreo y ensayo de unidades de concreto – Ensayo de absorción		156
Anexo 11. Certificado de resistencia a compresión de unidades de albañilería....		157
Anexo 12. Costo de vidrio por 150 kg.....		160
Anexo 13. Análisis de precio unitario de materiales por metro cúbico para cada		

mezcla.....	161
Anexo 14. Memoria fotográfica	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Requisitos físicos de adoquines – características nominales</i>	36
Tabla 2. <i>Propiedades de vidrios silícico – cálcicos de uso cotidiano</i>	43
Tabla 3. <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	54
Tabla 4. <i>Análisis granulométrico del agregado grueso</i>	55
Tabla 5. <i>Diseño de mezcla de concreto – ACI 211</i>	56
Tabla 6. <i>Proporción de volumen para la elaboración de adoquines</i>	57
Tabla 7. <i>Diseño experimental unifactorial para el tratamiento de la muestra</i>	57
Tabla 8. <i>Ensayo de la resistencia a la compresión de los adoquines</i>	58
Tabla 9. <i>Ensayo de absorción de los adoquines</i>	59
Tabla 10. <i>Características físicas del agregado fino</i>	61
Tabla 11. <i>Características físicas del agregado grueso</i>	62
Tabla 12. <i>Características de los adoquines elaborados para el diseño de mezcla planteado</i>	63
Tabla 13. <i>Resistencia a compresión de adoquines del diseño patrón</i>	64
Tabla 14. <i>Absorción de adoquines del diseño patrón</i>	64
Tabla 15. <i>Resistencia a compresión de adoquines con 5% de vidrio reciclado</i>	64
Tabla 16. <i>Absorción de los adoquines con 5% de vidrio reciclado</i>	65
Tabla 17. <i>Resistencia a compresión de adoquines con 10% de vidrio reciclado</i>	65
Tabla 18. <i>Absorción de los adoquines con 10% de vidrio reciclado</i>	65
Tabla 19. <i>Resistencia a compresión de adoquines con 15% de vidrio reciclado</i>	66
Tabla 20. <i>Absorción de los adoquines con 15% de vidrio reciclado</i>	66
Tabla 21. <i>Resistencia a la compresión de los adoquines para 4 niveles de vidrio reciclado</i>	67
Tabla 22. <i>Absorción en adoquines tipo II para 4 niveles (%) de vidrio reciclado</i>	67

Tabla 23. <i>Comparación de costos entre adoquines convencionales y adicionados con vidrio</i>	69
Tabla 24. <i>Comprobación de la resistencia a la compresión y absorción en adoquines de concreto convencional tipo II según criterios de la NTP 399.604.</i>	70
Tabla 25. <i>Análisis estadístico ANOVA para los valores de resistencia a la compresión</i>	71
Tabla 26. <i>Análisis estadístico Turkey para comprobación de valores de resistencia a compresión</i>	72
Tabla 27. <i>Análisis estadístico ANOVA para valores de absorción</i>	73
Tabla 28. <i>Análisis estadístico Turkey para comprobación de valores de absorción</i> ..	74

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Composición de residuos sólidos municipales, 2018.....	19
<i>Figura 2.</i> Diagrama de la realidad problemática.....	21
<i>Figura 3.</i> Formas y arreglos del adoquín. Fuente: Poveda et al. (2015).....	35
<i>Figura 4.</i> Diagrama de un proceso industrial de fabricación de adoquines.	38
<i>Figura 5.</i> Curva sigmoidea del análisis granulométrico del agregado fino.	60
<i>Figura 6.</i> Curva sigmoidea del análisis granulométrico del agregado grueso	62
<i>Figura 7.</i> Comparación entre la resistencia a la compresión de adoquín de concreto convencional contra adoquín de concreto adicionado con vidrio reciclado.....	68
<i>Figura 8.</i> Comparación entre la absorción de adoquín de concreto convencional contra adoquín de concreto adicionado con vidrio reciclado.....	69
<i>Figura 9.</i> Diferencia entre las medias de la resistencia a la compresión	72
<i>Figura 10.</i> Diferencia entre las medias de la absorción, según Tukey	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1. Resistencia a la compresión.....	40
Ec. 2. Área bruta de la sección	40
Ec. 3. <i>Absorción Kgm³</i>	41
Ec. 4. <i>Absorción (%)</i>	41
Ec. 5. Análisis de costo unitario	45

RESUMEN

La presente investigación consistió en la determinación de los efectos de la adición de vidrio reciclado tratado, con la máquina de los ángeles, en la resistencia a compresión y absorción en adoquines de concreto para pavimentos de tránsito vehicular ligero, Lima 2020. La misma se desarrolló a nivel explicativo con un enfoque cuantitativo, basado en un diseño experimental unifactorial para 4 niveles de adición de vidrio reciclado: 0%, 5%, 10% y 15%, siendo la muestra patrón o testigo representada por el 0%. Los métodos empleados consistieron en los diferentes ensayos basados en la norma peruana NTP 399.604 y para el tratamiento del vidrio la NTP 400.019. Los ensayos principales fueron los de caracterización de los agregados que comprende el análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico, peso unitario y absorción, así como los ensayos de resistencia a la compresión y de absorción en adoquines. Asimismo, se comprobó la hipótesis con la prueba estadística ANOVA y la prueba Turkey. Como resultados se obtuvo mayor resistencia a la compresión (446.37 kg/cm^2) a los 28 días de edad con un porcentaje óptimo de vidrio del 15%, para este mismo se obtuvo una absorción del 4.2% cuyo valor cumple con lo establecido por la norma. Estos resultados se comprobaron estadísticamente, obteniéndose para un nivel de confianza de 95%, un efecto significativo de la adición de vidrio en estas propiedades. En cuanto a los costos de adoquines según diseño de mezcla, para la adición de vidrio de 15% se obtuvo un costo de S/.0.61 respecto al convencional (S/.0.57), mostrándose una diferencia del 8% por encima de este último.

Palabras claves: adoquín, vidrio reciclado, resistencia a la compresión, absorción.

ABSTRACT

The present investigation consisted of determining the effects of the addition of recycled glass on the resistance to compression and absorption in concrete paving stones for light vehicular traffic pavements, Lima 2020. It was developed at an explanatory level with a quantitative approach, based in a unifactorial experimental design for 4 levels of addition of recycled glass: 0%, 5%, 10% and 15%, being the standard or control sample represented by 0%. The methods used consisted of different tests based on the Peruvian standard NTP 399.604 and for the treatment of glass the NTP 400.019. The main tests were the characterization of the aggregates, which includes the granulometric analysis, moisture content, specific weight, unit weight and absorption, as well as the compressive strength and absorption tests in paving stones. Likewise, the hypothesis was tested with the ANOVA statistical test and the Turkey test. As a result, greater resistance to compression (446.37 kg / cm²) was obtained at 28 days of age with an optimal percentage of glass of 15%, for this, an absorption of 4.2% was obtained, whose value complies with that established by the standard. . These results were statistically verified, obtaining for a confidence level of 95%, a significant effect of the addition of glass on these properties. Regarding the costs of paving stones according to the mix design, for the addition of 15% glass, a cost of S / .0.61 was obtained compared to the conventional one (S / .0.57), showing a difference of 8% above the latter.

Keywords: paving stone, recycled glass, compressive strength, absorption.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, F. (2009 (2da Edición)). *Tecnología del concreto (Teoría y problemas)* . Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Almeida, J., & Trujillo, C. (2017). Trabajo de graduación. *Principios Básicos de la Construcción Sostenible Utilizando Vidrio Triturado en la Elaboración de Hormigones*. Quito, Ecuador.
- Arango, S., & Zapata, J. (2013). Proyecto de grado. *Influencia de la Fibra de Vidrio en las Propiedades Mecánicas de Mezclas de Concreto*. Medellín, Colombia.
- Barrantes, J., & Holguín, R. (2015). Trabajo de Investigación. *Influencia del Porcentaje de Reemplazo de Ceniza Volante por Cemento, Sobre la Resistencia a la Compresión y Absorción en la Fabricación de Adoquines de Tránsito Liviano*. Trujillo, Perú.
- Cabrera, L. (2014). Tesis Profesional. *"Comparación de la Resistencia de Adoquines de Concreto y Otros Elaborados Con Vidrio Reciclado, Cajamarca 2014"*. Cajamarca, Perú.
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos.
- Catalan, C. (2016). Tesis. *Estudio de la Influencia de Vidrio Molido en Hormigones de Grado H15, H20 y H30*. Ambato, Ecuador.
- CEMIHOR. (2010). *Los áridos y su influencia en el concreto*. Obtenido de Cementos y Hormigones: <https://sites.google.com/site/cemyhor/-que-es-el-hormigon/los-aridos-y-su-influencia-en-el-concreto>
- Cillero, M. (2020). *Manuel.Cillero.es. Mi circunstancia digital*. Obtenido de Métrica 3: Análisis de coste/beneficio: <https://manuel.cillero.es/doc/metrica-3/tecnicas/analisis-coste-beneficio/>
- Corso, D., & Cuatin, M. (2011). Proyecto de titulación. *Diseño de una máquina semiautomática para la fabricación de adoquines y bloques*. Quito, Ecuador.

- Criado, C., Vera, C., Downey, P., & Soto, C. (2005). Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades físico - mecánicas del hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción Vol. 20. N°3*, 201.
- Defensoria del Pueblo. (2019). Informe Defensorial N°181. *Recomendaciones para mejorar la gestión de los residuos sólidos municipales*. Lima, Perú.
- EPAM. (2008). *Estudios y Proyectos Ambientales y Mecánicos*. Obtenido de Reciclaje y reutilización del vidrio.
- Esteban, K. (2018). Tesis Profesional. *Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines, 2018*. Lima, Perú.
- Fernández, J. (2003). Textos Universitarios: El Vidrio. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Departamento de Publicaciones*, 3ra edición.
- García, B. (2017). Tesis profesional. *Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto $F'C=210$ Kg/Cm² en la ciudad de Puno*. Puno, Perú.
- Helfgot, A. (2000). *Ensayo de materiales*. La Plata: Kapelusz.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). D.F.: McGraw-HillInteramericana.
- Huapaya, D., & Valdivia, J. (2019). Trabajo de Investigación. *Uso del Residuo de Vidrio Pulverizado como Adición en la Elaboración de Concreto Ecológico*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad. (2010). Norma Técnica Peruana 399.611. *Unidades de Albañilería. Adoquines de Concreto para Pavimentos. Requisitos*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2010). Norma Técnica Peruana NTP 399.611. *Unidades de Albañilería. Adoquines de Concreto para Pavimentos. Requisitos*. Lima, Perú.
- Martínez, J. (2016). Trabajo Experimental. *Análisis Comparativo de la Resistencia a la Compresión Entre un Adoquin Convencional y Adoquines Preparados con Diferentes*

Fibras: Sintética (Polipropileno), Orgánica (Estopa de Coco), Inorgánica (Vidrio).

Ambato, Ecuador.

Mora, J. (2018). Trabajo de Diploma. *El Vidrio Reciclado y su conversión en Material de la Construcción. Estudios Prospectivos en la Provincia de Villa Clara.* Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Ochoa, L. (2018). Tesis. *Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos.* Pimentel, Perú.

Orozco, M., Ávila, Y., Restrepo, S., & Paradoy, A. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *SCIELO.*

Paredes, A. (2019). Tesis de grado. *Análisis de la Resistencia a la Compresión del Concreto $F'C= 210 \text{ kg/cm}^2$ con Adición de Vidrio Reciclado Molido.* Tarapoto, Perú.

Peñañiel, D. (2016). Proyecto Experimental. *Análisis de la Resistencia a la Compresión del Hormigón Al Emplear Vidrio Reciclado Molido como en Reemplazo Parcial del Agregado Fino.* Ambato, Ecuador.

Poma, J. (2019). Tesis. *Análisis y diseño para la elaboración de concreto $F'C= 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211.* Lima 2019. Lima, Perú.

Poveda, R., Granja, V., Hidalgo, V., & Ávila, C. (2015). Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al desgaste en adoquines de hormigón tipo A. *Revista Politécnica. Vol. 35. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica - Quito, Ecuador.*

Quesada, A. (2013). Tesis. *Utilización de Desechos de Vidrio Reciclado como Áridos en Bloques Huecos de Hormigón.* Moa, Cuba.

Ramos, J. (2018). Tesis. *Dosificación del Concreto Reciclado para el Uso en Unidades de Pavimentos de Bajo Tránsito, Distrito de Lince, Lima 2018*. Lima, Perú.

Rivva, E. (1992). *Tecnología del Concreto. Diseño de Mezclas*. Miraflores.

SEGTEC Vidrio. (2016). *SEGTEC vidrio*. Obtenido de Vidrio: <https://www.segtecvidrio.com/>

Segura, L., Salazar, D., Urrutia, S., López, A., & Romero, J. (2016). Tesis. *Efecto de la Sustitución de los Agregados por Vidrio Reciclado en las Propiedades del Concreto*. Chimbote, Perú.

Silvestre, A. C. (2017). Tesis. *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*. Pereira, Colombia.

Universidad de Alicante - SIBID. (2004). *Manual Euroadoquin*. Alicante, España.

Universidad Nacional de Ingeniería. (2014). *SlideShare*. Obtenido de Análisis de Costos

Unitarios - Normativa y Técnicas de los Costos en Construcción:
<https://es.slideshare.net/rcesarin/analisis-costos-unitarios-36722661>

Vélez, L. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concreto. *Revista Tecno Lógicas No. 25, ISSN 0123-7799*, pag 174-175.

Walhoff, G. (2017). Tesis. *Influencia del Vidrio Molido en la Resistencia a la Compresión del Concreto y Costos de Fabricación, Comparado con el Concreto Convencional, Barranca – 2016*. Huaráz, Perú.