

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL REEMPLAZO Y PORCENTAJE DE RESIDUOS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO EN ADOQUINES TIPO I SOBRE LA COMPRESIÓN, ABSORCIÓN Y ABRASIÓN, TRUJILLO, 2020

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Juan Fernando Toribio Mauricio

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo - Perú

2020



## Tabla de contenidos

|  |            |
|--|------------|
| DEDICATORIA .....  | 2          |
| AGRADECIMIENTO.....  | 3          |
| ÍNDICE DE TABLAS .....   | 5          |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | 8          |
| ÍNDICE DE ECUACIONES.....  | 10         |
| RESUMEN.....   | 11         |
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>                              | <b>12</b>  |
| 1.1. Realidad problemática.....                                    | 12         |
| 1.2. Formulación del problema .....                                | 40         |
| 1.3. Objetivos .....   | 40         |
| 1.3.1. Objetivo general.....                                       | 40         |
| 1.3.2. Objetivos específicos .....                                 | 40         |
| 1.4. Hipótesis .....   | 41         |
| 1.4.1. Hipótesis general.....                                      | 41         |
| 1.4.2. Hipótesis específicas.....                                  | 41         |
| <b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>                              | <b>42</b>  |
| 2.1. Tipo de investigación .....                                   | 42         |
| 2.1. Según el propósito.....                                       | 42         |
| 2.2. Según el diseño .....   | 42         |
| 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)..... | 43         |
| 2.2.1. Población .....   | 43         |
| 2.2.2. Muestra .....   | 43         |
| 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....          | 46         |
| 2.3.1. Técnicas de recolección de datos.....                       | 46         |
| 2.3.2. Instrumento de recolección de datos.....                    | 46         |
| 2.4. Procedimiento .....   | 47         |
| <b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>                | <b>87</b>  |
| <b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>            | <b>108</b> |
| 4.1. Conclusiones .....  | 108        |
| 4.2. Recomendaciones.....  | 109        |
| REFERENCIAS .....  | 110        |
| ANEXOS.....  | 153        |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Comparación entre propiedades físicas del PET virgen y el PET reciclado .....           | 18 |
| Tabla 2. Huellas medidas promedio de acuerdo al porcentaje y tamaño de grano del vidrio .....    | 20 |
| Tabla 3. Consistencias utilizadas en la construcción .....                                       | 25 |
| Tabla 4. Compuestos principales del cemento Pórtland.....  | 28 |
| Tabla 5. Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.....                   | 30 |
| Tabla 6. Resistencias de probetas compactadas manualmente.....                                   | 39 |
| Tabla 7. Resistencias de probetas vibradas de forma mecánica.....                                | 40 |
| Tabla 8. Matriz de diseño experimental global propia .....                                       | 42 |
| Tabla 9. Valores de la distribución normal o estandarizada.....                                  | 44 |
| Tabla 10. Antecedentes de pruebas de concreto realizadas.....                                    | 44 |
| Tabla 11. Muestra de unidad de estudio 1, reemplazo de agregado grueso x PET .....               | 45 |
| Tabla 12. Muestra de unidad de estudio 2, reemplazo de agregado fino x PET .....                 | 45 |
| Tabla 13. Muestra de unidad de estudio 3, reemplazo de A. grueso y A. fino x PET.....            | 45 |
| Tabla 14. Muestra de unidad de estudio 4, adición de PET a la mezcla de diseño patrón.....       | 45 |
| Tabla 15. Diagrama de flujo para la recolección de información .....                             | 47 |
| Tabla 16. Tamices y aberturas para agregado grueso y agregado fino .....                         | 50 |
| Tabla 17. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....                         | 50 |
| Tabla 18. Formato de registro del análisis granulométrico del agregado grueso .....              | 51 |
| Tabla 19. Formato de registro del análisis granulométrico del agregado fino .....                | 52 |
| Tabla 20. Rango para módulo de finura del agregado fino .....                                    | 52 |
| Tabla 21. Formato de registro del contenido de humedad del agregado grueso y fino.....           | 53 |
| Tabla 22. Formato de registro del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino . | 55 |
| Tabla 23. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....                         | 56 |
| Tabla 24. Formato de registro del peso específico del agregado grueso.....                       | 57 |
| Tabla 25. Formato de registro del peso específico del agregado fino .....                        | 58 |
| Tabla 26. Formato de registro del porcentaje de vacíos del agregado grueso y fino .....          | 59 |
| Tabla 27. Peso de agregado y número de esferas para agregado grueso hasta de 1 1/2” .....        | 60 |
| Tabla 28. Formato de registro del desgaste a la abrasión del agregado grueso.....                | 61 |
| Tabla 29. Clasificación de los suelos según su pH.....   | 62 |
| Tabla 30. Clasificación de los suelos en base a su conductividad eléctrica .....                 | 62 |
| Tabla 31. Formato de registro de la evaluación química del agregado grueso y fino .....          | 62 |
| Tabla 32. Clasificación del agua según su pH.....  | 63 |
| Tabla 33. Clasificación del agua según su salinidad.....   | 63 |
| Tabla 34. Formato de registro de la evaluación química del agua .....                            | 64 |
| Tabla 35. Resistencia a la compresión requerida .....  | 64 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 36. Asentamiento según el tipo de estructuras .....  | 64  |
| Tabla 37. Volumen de agua por m <sup>3</sup> .....   | 65  |
| Tabla 38. Contenido de aire a partir del TMN del agregado grueso .....                                 | 65  |
| Tabla 39. Relación Agua/cemento vs f'c. ....   | 66  |
| Tabla 40. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/bo).....                      | 67  |
| Tabla 41. Diseño de mezcla final r a/c =0.42, y diseño de mezcla para un adoquín .....                 | 68  |
| Tabla 42. Diseño de mezcla final r a/c =0.30, y diseño de mezcla para un adoquín de 2.673 Kg ...       | 68  |
| Tabla 43. Pruebas de estudio de elaboración de adoquines .....   | 68  |
| Tabla 44. Tolerancia dimensional de adoquines de concreto.....   | 70  |
| Tabla 45. Formato de registro del ensayo de la resistencia a la compresión.....                        | 71  |
| Tabla 46. Resistencia a la compresión de adoquines tipo I , II y III .....                             | 71  |
| Tabla 47. Formato de registro del ensayo a la absorción .....  | 73  |
| Tabla 48. Absorción de adoquines tipo I, II y III.....   | 73  |
| Tabla 49. Formato de registro del ensayo al desgaste a la abrasión.....                                | 75  |
| Tabla 50. Análisis de costos de un adoquín – diseño patrón.....  | 84  |
| Tabla 51. Análisis de costos de un adoquín ecológico en reemplazo de AG x PET al 5% .....              | 85  |
| Tabla 52. Análisis de costos de un adoquín ecológico en reemplazo de AF x PET al 5% .....              | 85  |
| Tabla 53. Análisis de costos de adoquín ecológico en reemplazo de la mezcla de AG y AF al 2.5          | 85  |
| Tabla 54. Análisis de costos de un adoquín ecológico adicionando PET a la mezcla de AF y AG.           | 86  |
| Tabla 55. Resultados de la caracterización del agregado grueso .....                                   | 87  |
| Tabla 56. Resultados de la caracterización del agregado fino.....                                      | 88  |
| Tabla 57. Resultados de la caracterización química del agua .....                                      | 91  |
| Tabla 58. Propiedades generales del tereftalato de polietileno (PET).....                              | 92  |
| Tabla 59. Diseño final de mezcla de concreto.....  | 93  |
| Tabla 60. Cantidad de materiales en Kg por bolsa de cemento.....                                       | 93  |
| Tabla 61. Prueba de normalidad – SPSS.....   | 106 |
| Tabla 62. Análisis de la prueba Fisher - ANOVA .....   | 106 |
| Tabla 63. Comparación de precios para la producción de 1m <sup>2</sup> de adoquines .....              | 107 |
| Tabla 64. Comparación de precios de venta con el mercado local, por unidad y por 1m <sup>2</sup> ..... | 107 |
| Tabla 65. Análisis granulométrico del agregado grueso .....  | 114 |
| Tabla 66. Análisis granulométrico del agregado fino .....  | 115 |
| Tabla 67. Contenido de humedad del agregado grueso y agregado fino.....                                | 116 |
| Tabla 68. Peso Unitario Suelto del agregado grueso y agregado fino.....                                | 116 |
| Tabla 69. Peso unitario compactado del agregado grueso y agregado fino. ....                           | 116 |
| Tabla 70. Peso específico y absorción del agregado Grueso .....  | 117 |
| Tabla 71. Peso específico y absorción del agregado fino.....   | 117 |
| Tabla 72. Porcentaje de vacíos del agregado grueso.....  | 117 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 73. Desgaste a la abrasión del agregado grueso .....                                       | 118 |
| Tabla 74. Análisis de Ph y conductividad del agregado grueso .....                               | 118 |
| Tabla 75. Resistencia a la compresión del reemplazo de agregado grueso x PET .....               | 119 |
| Tabla 76. Resistencia a la compresión del reemplazo de agregado fino x PET .....                 | 121 |
| Tabla 77. Resistencia a la compresión del reemplazo de la mezcla de A. fino y A. grueso x PET    | 123 |
| Tabla 78. Resistencia a la compresión de la adición de PET a la mezcla de A. fino y A. grueso..  | 125 |
| Tabla 79. Ensayo de absorción del reemplazo de agregado grueso x PET .....                       | 127 |
| Tabla 80. Ensayo de absorción del reemplazo de agregado fino x PET .....                         | 129 |
| Tabla 81. Ensayo de absorción del reemplazo de la mezcla de agregado grueso y fino x PET .....   | 131 |
| Tabla 82. Ensayo de absorción de la adición de PET a la mezcla de agregado grueso y fino .....   | 133 |
| Tabla 83. Resistencia al desgaste a la abrasión del reemplazo de agregado grueso x PET .....     | 135 |
| Tabla 84. Resistencia al desgaste a la abrasión del reemplazo de agregado fino x PET .....       | 137 |
| Tabla 85. Resistencia al desgaste a la abrasión del reemplazo de agregado grueso y fino x PET    | 139 |
| Tabla 86. Resistencia a la abrasión de la adición de PET a la mezcla de agregado grueso y fino . | 141 |
| Tabla 87. Datos y valores del F teórico.....   | 145 |
| Tabla 88. F experimental para ensayo de resistencia a compresión.....                            | 145 |
| Tabla 89. Estimación de Yj y Yi para ensayo de resistencia a la compresión .....                 | 146 |
| Tabla 90. Resumen del análisis ANOVA del ensayo de resistencia a la compresión .....             | 148 |
| Tabla 91. F experimental para ensayo de absorción .....  | 149 |
| Tabla 92. Resumen del análisis ANOVA del ensayo de absorción .....                               | 150 |
| Tabla 93. F experimental para ensayo de desgaste a la abrasión .....                             | 151 |
| Tabla 94. Resumen del análisis ANOVA del ensayo de desgaste a la abrasión .....                  | 152 |
| Tabla 95. Matriz de consistencia.....  | 156 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Huella (Hm) obtenida en adoquines con 5% de vidrio de granulometría fina.....    | 21  |
| Figura 2. Cemento Inka Anti salitre tipo HS.....   | 28  |
| Figura 3. Agregados para componentes del concreto.....                                     | 29  |
| Figura 4. Modelo esquemático del peso volumétrico del agregado .....                       | 33  |
| Figura 5. Estados de saturación de los agregados .....                                     | 34  |
| Figura 6. Codificación del tereftalato de polietileno plásticos (PET) .....                | 36  |
| Figura 7. Estructura química del tereftalato de polietileno (PET).....                     | 36  |
| Figura 8. Dimensiones de un adoquín Tipo I.....  | 43  |
| Figura 9. Obtención de residuos de plástico .....  | 48  |
| Figura 10. Toma de muestra de la cantera el Milagro.....                                   | 49  |
| Figura 11. Peso unitario suelto y compactado de los agregados .....                        | 55  |
| Figura 12. Ensayo de peso específico del agregado fino .....                               | 58  |
| Figura 13. Evaluación química de los agregados.....  | 62  |
| Figura 14. Procedimiento del estado en fresco del adoquín prensado .....                   | 70  |
| Figura 15. Ensayo de compresión .....  | 72  |
| Figura 16. Ensayo de absorción de adoquines .....  | 73  |
| Figura 17. Medición la huella en mm .....  | 74  |
| Figura 18. Desgaste a la abrasión de adoquines.....  | 75  |
| Figura 19. Ingreso de datos en programa SPSS .....   | 77  |
| Figura 20. Valores para los porcentajes de residuos PET .....                              | 77  |
| Figura 21. Ingreso de valores en la vista de datos.....                                    | 77  |
| Figura 22. Pasos a seguir para realizar la prueba de normalidad .....                      | 78  |
| Figura 23. Proceso para analizar una variable independiente .....                          | 78  |
| Figura 24. Significancia de Kolmogorov-Smirnov; Reemplazo de AG x PET .....                | 79  |
| Figura 25. Significancia de Kolmogorov-Smirnov; Reemplazo de AF x PET .....                | 79  |
| Figura 26. Significancia de Kolmogorov-Smirnov; Reemplazo de la mezcla de AG y AF x PET .  | 79  |
| Figura 27. Significancia de Kolmogorov-Smirnov; Adición de PET a la mezcla de AG y AF..... | 80  |
| Figura 28. Reemplazo de agregado grueso x PET .....  | 94  |
| Figura 29. Reemplazo de agregado fino x PET.....   | 95  |
| Figura 30. Reemplazo de la mezcla de AG y AF x PET.....                                    | 96  |
| Figura 31. Adición de PET a la mezcla de AG y AF .....                                     | 97  |
| Figura 32. Ensayo de absorción - reemplazo de AG x PET.....                                | 98  |
| Figura 33. Ensayo de absorción - reemplazo de AF x PET .....                               | 99  |
| Figura 34. Ensayo de Absorción - reemplazo de la mezcla de AF y AG x PET.....              | 100 |
| Figura 35. Ensayo de absorción - Adición de PET a la mezcla de AF y AG.....                | 101 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 36. Ensayo de desgaste a la abrasión - reemplazo de AG x PET.....                      | 102 |
| Figura 37. Ensayo de desgaste a la abrasión - reemplazo de AF x PET .....                     | 103 |
| Figura 38. Ensayo de desgaste a la abrasión - reemplazo de la mezcla de AF y AG x PET.....    | 104 |
| Figura 39. Ensayo de desgaste a la abrasión - adición a la mezcla de AF y AG x PET.....       | 105 |
| Figura 40. Curva granulométrica del agregado grueso .....                                     | 114 |
| Figura 41. Curva granulométrica del agregado fino.....  | 115 |
| Figura 42. Daños generados en veredas de concreto.....  | 153 |
| Figura 43. Instalación de adoquines tipo I .....  | 153 |
| Figura 44. Gráfico de demanda anual de adoquines en el Perú.....                              | 153 |
| Figura 45. Pasaje adoquinado del Jr. Pizarro – Trujillo .....                                 | 154 |
| Figura 46. Instalación de adoquines del Jr. Grau – Trujillo .....                             | 154 |
| Figura 47. Máquinas bloqueras para adoquines .....  | 154 |
| Figura 48. Residuos plásticos de origen domiciliario .....                                    | 154 |
| Figura 49. Botadero controlado El Milagro - Trujillo.....                                     | 154 |
| Figura 50. Colapso de basura del botadero El Milagro.....                                     | 155 |
| Figura 51. Laboratorio de la Universidad Privada del Norte - sede San Isidro - Trujillo ..... | 155 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 1. Muestra probabilística de una variable cuantitativa .....               | 43 |
| Ecuación 2. Módulo de finura .....  | 51 |
| Ecuación 3. Contenido de humedad .....  | 53 |
| Ecuación 4. Peso unitario suelto .....  | 54 |
| Ecuación 5. Peso unitario compactado.....   | 54 |
| Ecuación 6. Peso específico de masa .....   | 56 |
| Ecuación 7. Absorción .....   | 56 |
| Ecuación 9. Desgaste por abrasión.....  | 60 |
| Ecuación 10. Salinidad.....   | 61 |
| Ecuación 11. Resistencia a la compresión del adoquín, $\text{kg}/\text{cm}^2$ ..... | 70 |
| Ecuación 12. Porcentaje de absorción en adoquines, %.....                           | 72 |
| Ecuación 13. Desgaste por abrasión, mm.....   | 74 |

## RESUMEN

El uso de residuos de Tereftalato de polietileno (PET) es considerada un desecho industrial. Sin embargo, en esta investigación, se muestra como una alternativa de reemplazo y adición para el diseño de mezclas de concreto, con el fin de mantener y mejorar la resistencia a la compresión, absorción y el desgaste a la abrasión en adoquines Tipo I.

En este estudio se evaluaron los ensayos de compresión (NTP 339.034), absorción (NTP 399.604) y desgaste a la abrasión (NTP 399.624/ NTE INEN 3040). Para el diseño de mezcla se utilizó la Norma ACI 211 con una relación agua/cemento de 0.30 utilizando dosificaciones de PET a 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% respecto al reemplazo del peso del agregado grueso, agregado fino, a la mezcla del agregado grueso y agregado fino y a la adición de la mezcla del agregado grueso y agregado fino, con el fin de conseguir una determinada incidencia sobre las propiedades del concreto.

El diseño patrón fue ensayado a 28 días de curado a temperatura ambiente. De los cuales se obtuvo una resistencia de 441 kg/cm<sup>2</sup>, absorción de 4.40 % y un ancho de huella de 19.5 mm.

Los mejores resultados se obtuvieron al reemplazar un máximo de 5% de PET. De los cuales al reemplazar el agregado grueso por PET se obtiene una resistencia de 418 kg/cm<sup>2</sup>, absorción de 4.48% y un ancho de huella de 20.0 mm en el ensayo de desgaste a la abrasión respectivamente. Al reemplazar el agregado fino por PET se obtuvo una resistencia de 431 kg/cm<sup>2</sup>, absorción de 4.48% y un ancho de huella de 20.0 mm. Sin embargo, en el tercer estudio al reemplazar a la mezcla de agregado grueso y agregado fino por PET se obtuvieron mejores resultados al reemplazar un máximo de 2.5% de PET logrando así una resistencia de 426 kg/cm<sup>2</sup>, absorción de 5.33% y un ancho de huella de 20.5 mm. Con estos resultados, se establece que a mayor porcentaje de reemplazo de PET la resistencia a la compresión disminuye y la absorción y el ancho de huella aumenta.

Asimismo, al adicionar PET a la mezcla de agregado grueso y agregado fino al 5% se obtiene el mejor resultado, logrando una resistencia 445 kg/cm<sup>2</sup>, absorción de 4.31% y un ancho de huella de 20.0 mm respectivamente. Con estos resultados, se establece que al adicionar PET hasta un 5% máximo la resistencia a la compresión aumenta, la absorción disminuye y el ancho de huella aumenta.

**Palabras clave:** Concreto con PET, adoquín peatonal, elementos constructivos, residuos PET.

## **NOTA DE ACCESO**

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

## REFERENCIAS

- ACI. 318-77 Building Code Requirements for Reinforced Concrete American Concrete Institute, Detroit 1977.
- ACI Committee 363 State of the Art Report High-Strength Concrete. ACI Journal 8181 (4), pp. 364-411.
- Aguilera, G. y Diestra, V. (2017) realizaron la investigación “Influencia de la fibra de PET a partir de botellas recicladas sobre el comportamiento mecánico en un concreto aplicado en prefabricados”. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Trujillo.
- Alayo, R., Esquivel, D., & Mariño, A. (2015). *Caracterización de agregados para concreto de 2 canteras en la provincia de Trujillo*. Trujillo.
- Altamirano, L. (2007). *Pavimentos Rígidos - Metodología de Medición, Posibles Causas de deterioro y reparaciones*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ambiente, M. d. (Julio de 2004). Conceptos básicos del Concreto. 1 - 7. Instituto mexicano del cemento y del concreto. Recuperado el 30 de Mayo de 2018
- Andina. (28 de Octubre de 2019). Obtenido de <https://andina.pe/agencia/>
- Arangurí, G. (7 de Noviembre de 2015). La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad. *In Crescendo*, 11 - 18.
- Arrieta, J., & Peñaherrera, E. (2001). *Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora*. Lima - Perú.
- Asian machinery U.S.A., I. (4 de Setiembre de 2020). Obtenido de <https://asianmachineryusa.com>
- Becerra, G. (2019). Reciclado de residuos plásticos PET en dosificación de mezclas de concreto para mitigar su impacto ambiental en la ciudad de Tacna (Tesis de maestría). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman, Tacna, Perú.
- Bloqueras Perú S.A.C. (4 de Setiembre de 2020). Obtenido de <https://www.bloquerasperu.com>
- Cárdenas, E., Albiter, Á., & Jaimes, J. (julio-octubre de 2017). Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua. *CIENCIA ergo-sum*, 24 - 2 , 173-180.
- Cementos pacasmayo. (4 de Setiembre de 2020). Obtenido de <https://www.cementospacasmayo.com.pe>
- CEMEX. (2019). *CEMEX*.
- Contreras, C., & Peña, J. (2017). *Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla*. Tesis, Universidad Privada del Norte, La Libertad, Trujillo.

- Cordova, R. (2016). *Determinación del grado de permeabilidad y evaluación de la resistencia a la colmatación, haciendo uso de aditivos de las marcas sika y euco para la fabricación de concreto poroso en la ciudad de Arequipa*. Tesis, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Arequipa.
- Curi, E., & Guizado, A. (2017). *Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Di Marco, R.O. (2015). Diseño y elaboración de un sistema de adoquines de bajo costo y material reciclado para construcciones en núcleos rurales. *Revista ESAICA*, Vol.1 n°1, pp. 30-38.
- Echeverría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado*. Cajamarca - Perú.
- Espresac. (20 de Setiembre de 2019). Obtenido de <https://espresac.com.pe/>
- Fernández, E. (2017). *Evaluación de las proporciones del residuo PVC de tapicería sobre la resistencia a la compresión, flexión, asentamiento y costos en un concreto para pavimento rígido*. Tesis, Universidad Privada del Norte, La Libertad, Trujillo.
- Fernández, R., & Navas, A. (2011). Concreto permeable - Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. En *Infraestructura Vial* (Vol. 24, págs. 40 - 49).
- Hachi, J. y. (Marzo de 2010). Estudio de factibilidad para reciclar envases de plásticos de polietileno de teraftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil. Ecuador.
- Hernández, F. (2004). Propiedades del concreto. En I. m. concreto (Ed.), *Conceptos básicos del concreto* (págs. 9 - 15). México.
- INEN 3040, Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). *Adoquines de Hormigón, requisitos y métodos de ensayo*. Norma, Quito - Ecuador.
- Instituto del cemento y del concreto de Guatemala. (28 de Setiembre de 2016). Obtenido de <https://www.iccg.org.gt/>
- Jaimes, V. (2018). Resistencia de adoquines de concreto  $F^C = 320 \text{ Kg/cm}^2$ , sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinación de cáscara de huevo y vidrio molido (Tesis de grado) Universidad San Pedro, Huaraz, Perú
- Laredo, R., & Jeans, Z. (2016). *Resistencia a la compresión y el asentamiento de un concreto modificado cuando reemplaza el contenido de agregado fino y agregado grueso por hormigón de la cantera San Antonio*. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Trujillo.
- Léctor, M. & Villarreal, E. (2017). Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de nuevo (Tesis de grado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.

- López, J. (2004). *Porosidad del concreto*. Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- López, L. C. (2014). *Estudio de factibilidad en diferentes escenarios de mercado para la implementación de una empresa de fabricación de pavimentos en concretos de alta porosidad*. Tesis, Universidad San Buenaventura, Cali.
- Ministerio de transportes. (18 de Diciembre de 2018). Obtenido de <https://www.gob.pe/mtc>
- Ministerio del Ambiente. (Mayo de 2016). *Manejo de residuos de construcción y demolición*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/MANEJO-DE-RESIDUOS-DE-CONSTRUCCI%C3%93N-21-x-15-ok-2.pdf>
- Montiel, J. L. (2017). *Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales*. México.
- Morales Carhuayano, M. R. (2016). Estudio del comportamiento del concreto incorporando PET reciclado.
- Moscoso, B. (2019). *Reciclado de residuos plásticos PET en dosificación de mezclas de concreto para mitigar su impacto ambiental en la ciudad de Tacna*. Tesis, Tacna - Perú.
- Mulligan, M. (2005). *Attainable compressive strength of pervious concrete paving systems*. Tesis, University of Central Florida, Orlando, Florida. Obtenido de <http://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1472&context=etd>
- Norma Técnica Peruana. (2010). *NTP 399.611 Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos*.
- Pastor, A., Salazar, J., Seminario, R., Tineo, A. y Zapata, J. (14 de Noviembre de 2015). Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado. Piura.
- Pérez. (2012). Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto. *INGENIUM*, 116-125.
- Pérez, Á. (26 de Julio - Diciembre de 2012). Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración. *Ingenium*(26), 116 - 125.
- Porrero, J (Ed.3). (2014). *Manual del concreto estructural, Caracas, Venezuela*.
- Poveda, R., Granja, V., Hidalgo, D., & Ávila, C. (2015). Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al. *Revista politécnica*, 1-10.
- Quiroz, M., & Salamanca, L. (2006). *Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de tecnología del hormigón*. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- Rivera, G. (2013). *Concreto simple*. Bogotá, Colombia.

- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima. Perú.
- Robayo, R., Mejía de Gutiérrez, R., & Mulford, A. (2016). Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados. *Facultad de Ingeniería*, 25(43), 21 - 30.
- Rodríguez, J. (2005). *Estudio de las características físicas mecánicas del concreto en clima cálido*. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Lima.
- Sánchez, J. E. (2004). *Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado*. Guayaquil - Ecuador.
- Segat. (18 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.segat.gob.pe/>
- Sistema de información de gestión de residuos sólidos. (28 de Octubre de 2019). Obtenido de <https://sigersol.minam.gob.pe/>
- Taus, V. (2003). *Determinación de la absorción capilar en hormigones elaborados con agregados naturales y reciclados*.
- Toro, J. E. (2004). *Aplicación para polietileno tereftalato (PET) reciclado*. Tesis, Guayaquil - Ecuador.
- Vergara, A. (2015). *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología pci tramo quichuay -ingenio del km 0+000 al km 1+000 2014*. Tesis, Huancayo - Perú.
- Vidau , E., & Vidau, I. (2015). Método mecánico para la compactación del concreto: la vibración. *Revista Construcción y Tecnología* 4(11), 22-25.