



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Análisis de la incorporación de escoria de acero
en el comportamiento del concreto**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL**

Autores

Cerdan Arteaga Evert Eladio

<https://orcid.org/0000-0002-7468-0999>

Angaspilco Llamo Remberly

<https://orcid.org/0009-0008-9305-314X>

Asesora

PhD. Heredia Llatas Flor Delicia

<https://orcid.org/0000-0001-6260-9960>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y
la Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura**

Pimentel – Perú

2024



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresado del Programa de Estudios de **INGENIERIA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

Análisis de la incorporación de escoria de acero en el comportamiento del concreto

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Angaspilco Llamo Remberly,	DNI: 75901875	
Cerdan Arteaga Evert Eladio	DNI: 72580037	

Pimentel, 26 de agosto de 2024

PAPER NAME

Análisis de la incorporación de escoria de acero en el comportamiento del concreto

AUTHOR

-Cerdan Arteaga Evert Eladio
-Angaspilco Llamó Remberly

WORD COUNT

2333 Words

CHARACTER COUNT

12815 Characters

PAGE COUNT

16 Pages

FILE SIZE

15.3KB

SUBMISSION DATE

Aug 26, 2024 11:30 PM GMT-5

REPORT DATE

Aug 26, 2024 11:30 PM GMT-5

● **13% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 7% Internet database
- 11% Submitted Works database
- 1% Publications database

Dedicatoria

Dedicamos el presente trabajo de investigación de manera especial y con profundo reconocimiento a nuestros progenitores, cuya entrega incondicional, labor ardua y sacrificio han sido pilares fundamentales en la consecución de mis logros. Agradecemos a ellos por brindarnos un apoyo total. Asimismo, extendiendo esta dedicación a todas aquellas personas que generosamente compartieron sus conocimientos y ofrecieron su respaldo, permitiendo que este estudio se lleve a cabo de manera integral y exitosa.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a mis padres por respaldarme en esta travesía de formación académica. Asimismo, deseo expresar una gratitud especial y profunda hacia nuestro mentor y asesor, Flor Delicia Heredia Llatas, cuya generosidad al compartir sus vastos conocimientos y valores ha sido esencial para mi capacidad de desarrollar el presente trabajo de investigación, perfilándome como una futura profesional con habilidades destacadas. No se puede dejar de reconocer la influencia positiva de nuestras familias, quienes siempre me han alentado a seguir avanzando, brindándonos valiosas lecciones incluso en momentos de desafíos. Su respaldo ha sido fundamental en nuestro camino hacia el logro académico y profesional.

Índice

Dedicatoria	3
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	6
Abstract	7
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Realidad problemática.....	8
1.2. Formulación del problema.....	8
1.3. Hipótesis.....	9
1.4. Objetivos.....	9
1.5. Teorías relacionadas al tema	9
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	10
III. RESULTADOS.....	10
.....	13
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	13
V. REFERENCIAS	14
Anexos	¡Error! Marcador no definido.

Resumen

La escoria de acero se puede añadir al hormigón para mejorar sus propiedades mecánicas y físicas. El objetivo del análisis es manifestar las características individuales, determinar los materiales y las propiedades físicas de la escoria de acero y determinar sus ventajas y desventajas. En este estudio, se utilizó el método óptimo para analizar 50 partículas de escoria en el concreto. Los resultados obtenidos muestran una tendencia a incorporar escoria de acero en el concreto, incluido un aumento de la resistencia a la flexión del hormigón, pero una disminución de la inestabilidad del volumen y la trabajabilidad. Por lo tanto, se encontró que el mejor sustituto de los agregados de escoria de acero tiene una mayor resistencia que el hormigón convencional.

Palabras Clave: Resistencia, escoria de acero, concreto.

Abstract

Steel slag can be added to concrete to improve its mechanical and physical properties. The purpose of the analysis is to manifest the individual characteristics, determine the materials and physical properties of steel slag, and determine its advantages and disadvantages. In this study, the optimal method was used to analyze 50 slag particles in concrete. The results obtained show a tendency to incorporate steel slag into concrete, including an increase in the flexural strength of concrete, but a decrease in volume instability and workability. Therefore, it was found that the best substitute for steel slag aggregates has higher strength than conventional.

concrete. **Keywords:** Strength, steel slag, concrete.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Durante las últimas décadas, la escoria de acero se ha reprocesado y reutilizado como agregado en lugar de agregados naturales para adicionarle al concreto. (El-Hassan et al., 2021). Donde el concreto es un material de construcción ampliamente utilizado con un amplio potencial de aplicación debido a sus múltiples ventajas para en diversas áreas de obras civiles. Sin embargo, el concreto tiene debilidades como baja resistencia a la tracción, baja capacidad de deformación, resistencia insuficiente al momento de la propagación de grietas, etc. (Vinotha, J.Y Brindha, D., 2021). Es por ello que el reemplazo del desecho del acero en forma de árido fino y grueso mejora las propiedades mecánicas del concreto, lo que permite incrementar la resistencia a la compresión en un 20-40% respecto al concreto convencional (Barbosa, et al.,2022). Además, que, en caso de falla estructural, se debe evitar un colapso completo de los elementos de concretos confinados para garantizar la seguridad del público (Kim, Y. Y Solanki, M., 2021).

La reciente contradicción que enfrenta la industria de la construcción es la escasez de materiales de construcción y los altos precios (Jagan, et al., 2021). Sumado a que los recursos naturales se agotan rápidamente para satisfacer la creciente demanda, la atención se centra en el uso de residuos reciclables en las actividades de construcción (Sabapatia et al., 2021). Por lo que el uso de escoria de acero no solo puede resolver la actual escasez de materiales de construcción, sino también reducir la alteración negativa sobre la descarga de escoria de acero en el medio ambiente. (Yang, X. et al., 2021). Con el aumento de la producción de acero, el aumento del sobrante generados se ha convertido en un problema ambiental urgente, estos materiales son considerados como reutilización de recursos y es imperativo para las generaciones futuras (Oliveira, et al.,2020).

Las barras de polímero reforzado con fibra de basalto (BFRP) se consideran un material emergente, es decir, debido a la escasez de recursos, la sociedad se ve obligada a utilizar materiales para usos distintos (Kim, Y. Y Chai, Y., 2020).

1.2. Formulación del problema

En la industria de la ingeniería civil, los productos químicos se utilizan constantemente para intervenir en el mejoramiento de la metodología constructiva de esta industria, el sobrante del acero como subproducto como es ejecutado en su producción de elementos de acero puede convertirse en un factor positivo en la área de la construcción con una percepción sostenible de la obra civil, que recicla, en línea con el medio ambiente (Gallegos y Paredes, 2021).

¿Cuáles son los efectos de la incorporación de escoria de acero en el concreto en términos de resistencia, durabilidad y sostenibilidad, y cómo se pueden optimizar las proporciones y procesos

para maximizar los beneficios y minimizar los posibles inconvenientes en la construcción de infraestructuras y edificaciones?

Los beneficios de BFRP permiten diseñar componentes inteligentes con un amplio rango de deformaciones, estabilidad a largo plazo, protección confiable, disminución del esfuerzo por temperatura y bajo costo (Sasy Y. et al., 2021). Así como también comportamiento favorable en un ambiente ácido y facilidad de fabricación (Mohamed, O. et al., 2021). Al fabricas compuestos híbridos como las fabricadas con barras de acero, mejora el módulo de elasticidad del elemento (Mirdarsoltany, M. et al., 2021).

1.3. Hipótesis

La incorporación de escoria de acero en el concreto mejora su resistencia y durabilidad, reduciendo la necesidad de materiales vírgenes y promoviendo la sostenibilidad en la construcción.

Sé sabe que el concreto con escoria de acero mejora sus características, pero el escaso conocimiento ha llevado a otros a estudiar el comportamiento del concreto con agregado grueso sostenible, como la escoria de acero como partículas que tienen características que pueden mejorar las propiedades mecánicas (Ahmed, et al., 2020).

1.4. Objetivos

Objetivo general

Analizar el comportamiento del concreto incorporado con escoria acero

Objetivos específicos

- Señalar las propiedades mecánicas y físicas de la escoria de acero. Apreciar su factibilidad en función de tiempo, métodos y recursos. Identificar las ventajas y desventajas del concreto al adicionarle escoria de acero.

1.5. Teorías relacionadas al tema

La fibra de basalto es un material ecológico que se puede dividir en tela de fibra y fibra cortada. (Xinzhong, W. et al., 2021). La adición de fibras de basalto o acero discretas orientadas aleatoriamente ayuda a mejorar las propiedades de ingeniería del hormigón, es decir, su resistencia máxima, rigidez post-agrietamiento, resistencia a la tracción post-agrietamiento y ductilidad (Krassowska, J. Y Kosior, M., 2021). Muchas estructuras de hormigón reforzado con acero expuestas a sales de deshielo y entornos marinos requieren un mantenimiento extenso y costoso (Kara et al., 2021).

Corcuera, A. y Vela, R., (2018) La influencia en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto en sustitución de grava de roca y escoria siderúrgica Ecograva, Trujillo - 2018 Para la

carrera de Ingeniería Civil se requiere tener rangos de trabajo. La investigación anterior fue de tipo exploratorio-descriptivo y los métodos utilizados fueron: semi-experimental. Por lo tanto, se utilizaron métodos de correlación complementarios para comparar con los datos de sus variables dependientes e independientes y concluir que: sustitución de piedras de grava de ecograva, escoria siderúrgica, con solo un 50% de su incremento en la resistencia a la compresión. Se permite un 12%. Además, el uso de cemento tipo V resultó en un incremento de la resistencia a la compresión del 25,6% y al mismo tiempo una reducción de la permeabilidad del 59% en semejanza con el modelo estándar. Estos resultados se deben a la presencia de huecos de lechado en la mezcla de diseño, que eviten la infiltración de agua, reduciendo así el número de reparaciones que puede necesitar la estructura durante su vida útil. Este proyecto es económico y menos costoso que el concreto tradicional.

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En este artículo se desarrolló el método de investigación cualitativa documental, en el que recopiló información relacionado al análisis de la incorporación de escoria de acero al concreto. El procedimiento consistió en la búsqueda de datos, selección y lectura de los mismos. Los datos provienen de algunas bases de datos como: Scopus, Scielo, Sbsco, ScieceDirect, Proques. Se interpretó y analizo críticamente la información clasificándola en una bitácora, extrayendo los puntos más relevantes. Por último, se redactó el artículo argumentando y comparando los resultados de las investigaciones. El estudio descriptivo antes mencionado y la metodología utilizada también es un diseño de investigación, por lo que se utilizó un enfoque correlacional para considerar el vínculo entre la variable dependiente y sus variables independientes.

III. RESULTADOS

Trabajabilidad de las mezclas de concreto que contienen agregado de escoria de acero (SSA) disminuye a magnitud que aumenta el período de envejecimiento de SSA. A medida que incrementa el tiempo de envejecimiento, la dureza y la rugosidad en la superficie de SSA también incrementa debido a la intemperie, lo que da como resultado la rugosidad de la mezcla y una menor trabajabilidad.

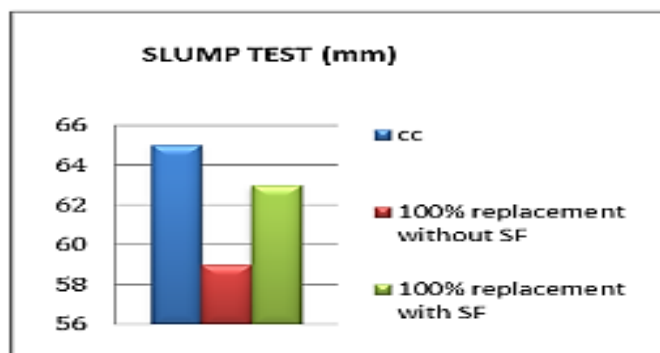


Figura 1: Resultado de la prueba de asentamiento. Fuente: (Poonkodi Y Vinodkumar, 2018)

A continuación, veremos en la Tabla 1 La composición química que debe de tener la escoria de acero según Torres, k. (2020). Ya que la capacidad de la escoria de acero de contar con una composición semejante al del cemento, la hace una opción adecuada como material cementoso, llegando a favorecer el uso de residuos sólidos, utilizable para el concreto (Guan et all, 2021).

Tabla 1: Las Propiedades Químicas de la escoria de acero.

ELEMENTOS QUÍMICOS	COMPOSICIÓN QUÍMICA
Cal Viva (Ca O)	30- 45%
Sílice (Si O ₂)	30- 48%
Alúmina (Al ₂ O ₃)	12- 25%
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.5- 2%

Fuente: (Torres, k. 2020)

(Palanisamy, et al. 2021) En la tabla 2 nos muestra las propiedades de la escoria de acero. Existe un progreso de mejoramiento en las propiedades mecánicas del concreto cuando se le adiciona escoria de acero, por otro lado, tiene características físicas similares a los áridos convencionales. Así mismo, al reemplazar la escoria de acero con agregado grueso, su gravedad específica es baja en comparación con el este (Udayasree, et al., 2021). En comparación con los agregados convencionales, los agregados de escoria tienen una masa específica más alta y una cantidad insignificante de finos en su tamaño de partícula. (Sandoval et al., 2021). El uso de la escoria de acero reduce su costo en la mano de obra en su fabricación del concreto en un 10% a 15% mejorando la durabilidad al prepararlo y transportarlo (Chernousov, et al., 2021). Se puede decir que la adición de escoria es efectiva y tiene buenos resultados a temprana edad, por lo que puede utilizarse como un remplazo parcial (Harsh Y Anil, 2021).

Tabla 2: Propiedades físicas de la escoria de acero

Propiedades	%-age
Absorción de agua	3
Resistencia al aplastamiento	29.5
Valor de impacto	29
Abrasión de Los Ángeles	28

Fuente: (Harsh Y Anil, 2021)

Autor	Ventajas de la escoria de acería en el concreto
(Warudkar Y Elavenil, 2021); (Wu et al., 2021); (Sha et al., 2021); (Anifowose, et al., 2021)	Optimiza las propiedades físico-mecánicas del concreto.
(Veerapathran, M., Y Amudhavalli, N., 2021); (Alnahhal, 2021); (Da Silva, et al., 2021)	Eficiente como alternativa para reducir costos en la elaboración del concreto.
(Liu & Pei, 2021)	Reduce cantidad de agregados finos.
(Adedokun, et al., 2021); (Ríos et al., 2021); (Olofinnade et al., 2021); (Sciarretta et al., 2021); (Romera et al., 2021); (Adedokun, et al., 2021); (Alnahhal, 2021); (Brand y Fanijo, 2020)	Proporciona mejoras en la resistencia a flexión del concreto. Opción útil en infraestructura civil y su enfoque medioambiental.
(Olofinnade et al., 2021); (Rahmi Y Jannes, 2021); (Qasrawi, 2020)	Presenta aumentos en la resistencia a la compresión a los 28 días
(Li et al., 2021)	Aumenta la sostenibilidad del concreto.

(Karunanithi, 2021) Mejora el comportamiento al punzonamiento.

Autor	Desventajas de la escoria de acería en el concreto
(Xiao et al., 2021); (Mo et al., 2021)	Muestran una baja inestabilidad de volumen y reactividad.
(Nguyen et al., 2021)	Afecta a la resistencia a la carbonatación del concreto y trae efectos negativos en el ataque de sulfatos
(Morales, et al., 2021)	El concreto convencional con una misma dosificación presenta una mejor resistencia.
(SOUZA et al., 2021)	Comportamiento expansivo para el concreto

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos el concreto mezclado con agregado de escoria de acero muestra una mejor trabajabilidad, módulo de elasticidad, resistencia a la tracción (Warudkar Y Elavenil, 2021). Ya que el uso de escoria de acero en aplicaciones del concreto tiene notables beneficios económicos y medioambientales. (Alnahhal, 2021). Por lo que el costo del concreto disminuye a medida que aumenta la proporción de agregado de escoria de acero. Según los estudios hasta el 50% del agregado de escoria de acero se puede reemplazar por agregado grueso natural. (Veerapathran, M., Y Amudhavalli, N., 2021).

Sobre la base de amplias revisiones de estudios previos realizados para investigar los efectos del reemplazo parcial de agregado grueso con escoria de acero, se extrajeron las siguientes conclusiones:

La sustitución óptima de agregado grueso con escoria de acero da mayor y mejor resistencia a la compresión que en el concreto con áridos convencional.

El concreto con incorporación de escoria tiene una mejor trabajabilidad que el concreto con adiciones convencionales

Aumenta la resistencia del concreto con el aumento de las partículas de escoria de acero.

V. REFERENCIAS

1. Adedokun, S., Anifowose, M., Odeyemi, S. (2021). ASSESSMENT OF STEEL SLAG AS REPLACEMENT FOR COARSE AGGREGATE IN CONCRETE: A REVIEW. *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering; Hunedoara*, 11(4), 139–146. <https://www.proquest.com/docview/2132669308/fulltextPDF/C522A44060754A0DPQ/1?accountid=39560>
2. Adedokun, S., Anifowose, M., Odeyemi, S., & Oluremi, J. (2021). Significant Levels Of Steel Slag Concrete Produced With Varying Water Cement Ratios. *Journal of Engineering Studies & Research*, 27(1), 13-19. doi:<https://www.doi.org/10.29081/jesr.v27i1.247>
3. Alnahhal, W. (2021). Behaviour of fibre reinforced concrete using steel slag coarse aggregate produced in Qatar. *MATEC Web of Conferences*, 120, 04004. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712004004>
4. Ahmed, K., Mohamed, O. (2020). Behavior of Steel Slag Concrete Subjected to Elevated Temperature. open access. Published. <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v9i4/D7226049420.pdf>
5. Anifowose, M. A., Adebara, S. A., Odeyemi, S. O., Olahan, A. B., & Aliyu, T. (2021). Density, Workability And Compressive Strength Assessment Of Steel Slag In Concrete. *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering*, 10(4), 63-67. Obtenido de <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=126030449&lang=es&site=ehost-live>
6. Barbosa, C., Nogueira, M. A., Ferreira, L. C., Elói, F. P. D. F., Carvalho, J. M. F. D., & Peixoto, R. A. F. (2022). Eco-efficient steel slag concretes: an alternative to achieve circular economy. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 15(2). <https://doi.org/10.1590/s1983-41952022000200001>
7. Brand, A. S., & Fanijo, E. O. (2020). A Review of the Influence of Steel Furnace Slag Type on the Properties of Cementitious Composites. *Applied Sciences*, 10(22), 8210. <https://doi.org/10.3390/app10228210>
8. Corcuera, A. y Vela, R., (2021) Impacto en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto a partir de la sustitución de la piedra por ecogravilla de escoria de acero, Trujillo. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Del Norte. 2018, 203 pp.
9. Chakravarthy, Rooban; Venkatesan, Srikanth; Patnaikuni, Indubhushan (2021). Mechanical Properties of High Volume Fly Ash Concrete Reinforced with Hybrid

- Fibers. *Advances in Materials Science & Engineering*, (), 1-7. <https://www.doi.org/10.1155/2016/1638419>
10. Chernousov, R. N., Kozlov, V. A., & Bondarev, B. A. (2021). STRENGTH AND DEFORMABILITY OF STRUCTURAL ELEMENTS OF TRANSPORT FACILITIES ON THE BASIS OF FINE-GRAINED FIBROUS STEEL SLAG CONCRETE. *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture & Civil Engineering.*, 12(4), 69-83. Obtenido de <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=69902187&lang=es&site=ehost-live>
 11. Da Silva, M. J., De Souza, B. P., Mendes, J. C., Brigolini, G. J., Da Silva, S. N., & Peixoto, R. A. (2021). Feasibility Study of Steel Slag Aggregates in Precast Concrete Pavers. *ACI Materials Journal*, 113(4), 439-446. doi:<https://www.doi.org/10.14359/51688986>
 12. El-Hassan, H., Medlji, J., & El-Maaddawy, T. (2021). Properties of Steel Fiber-Reinforced Alkali-Activated Slag Concrete Made with Recycled Concrete Aggregates and Dune Sand. *Sustainability*, 13(14), 8017. <https://doi.org/10.3390/su13148017>
 13. Fang, Sheng-En; Hong, Hua-Shan & Zhang, Pei-Hui (2018). Mechanical Property Tests and Strength Formulas of Basalt Fiber Reinforced Recycled Aggregate Concrete. *Materials (1996-1944)*, 11(10), 1851. <https://www.doi.org/10.3390/ma11101851>
 14. Gallegos, M., Paredes, E. (2021). Modificación de las propiedades mecánicas de una base granular mediante la incorporación de escoria de acero a través del ensayo CBR. Caso de estudio Mina San Antonio. SN. Published. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15818>
 15. Guan, J., Zhang, Y., Yao, X., Li, L., Zhang, L., Yi, J. (2021). Experimental Study on the Effect of Compound Activator on the Mechanical Properties of Steel Slag Cement Mortar. EBSCO. <https://doi.org/10.3390/cryst11060658>
 16. Harsh, G., Anil, K. (2021). Strength Properties of Steel Slag in Concrete. *IJERT*. Published. <https://www.ijert.org/research/strength-properties-of-steel-slag-in-concrete-IJERTV6IS110046.pdf>
 17. Jagan, S., Neelakantan, T. R., & Gokul Kannan, R. (2021). Mechanical and durability properties of the concrete with copper slag. *Revista de la construcción*, 20(2), 359–370. <https://doi.org/10.7764/rdlc.20.2.359>
 18. Kara, Ilker Fatih; Köroğlu, Mehmet Alpaslan & Ashour, Ashraf F. (2021). Tests of Continuous Concrete Slabs Reinforced with Basalt Fiber-Reinforced Plastic Bars. *ACI Structural Journal*, 114(5), 1201-1213. <https://www.doi.org/10.14359/51689784>
 19. Karunanithi, S. (2021). Experimental Studies on Punching Shear and Impact Resistance of Steel Fibre Reinforced Slag Based Geopolymer Concrete. *Advances in Civil Engineering*,

- 1-9. doi:<https://www.doi.org/10.1155/2017/9210968>
20. Kim, Yail J. & Yufei Chai (2020). Splitting of Concrete with Steel, Glass Fiber-Reinforced Polymer, and Basalt Fiber-Reinforced Polymer Bars Exposed to MgSO₄. *ACI Structural Journal*, 117(3), 3-16. <https://www.doi.org/10.14359/51726799>
21. Kim, Yail J. & Solanki, Manish (2021). Basalt Fiber-Reinforced Polymer and Hybrid Grid-Confined Concrete with Organic/Inorganic Resins. *ACI Structural Journal*, 118(5), 37-48. <https://www.doi.org/10.14359/51728068>
22. Krassowska, Julita & Kosior-Kazberuk, Marta (2021). The Effect of Steel and Basalt Fibers on the Shear Behavior of Double-Span Fiber Reinforced Concrete Beams. *Materials* (1996-1944), 14(20), 6090. <https://www.doi.org/10.3390/ma14206090>
23. Li, S., Liu, G., & Yu, Q. (2021). The role of carbonated steel slag on mechanical performance of ultra-high performance concrete containing coarse aggregates. *Construction and Building Materials*, 307, 124903. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124903>
24. Liu, Y., & Pei, C. (2021). Finite element analysis of flexural performance of self-compacting recycled concrete beams with FRP slag. *Journal of Physics: Conference Series*, 1885(3), 032056. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1885/3/032056>
25. Mirdarsoltany, Mohammadamin; Rahai, Alireza & Hatami, Farzad (2021). Experimental Investigation on the Ductility of Concrete Deep Beams Reinforced with Basalt-Carbon and Basalt-Steel Wire Hybrid Composite Bars. *Shock & Vibration*, (), 1-8. <https://www.doi.org/10.1155/2021/6866993>
26. Mohamed, Osama Ahmed; Al Hawat, Waddah; Keshawarz, Mohammad & Abed, Farid (2021). Durability and Mechanical Properties of Concrete Reinforced with Basalt Fiber-Reinforced Polymer (BFRP) Bars: Towards Sustainable Infrastructure. *Polymers* (20734360), 13(9), 1402. <https://www.doi.org/10.3390/polym13091402>
27. MORALES, B., NINABANDA, B., SANTAMARÍA, K. (2021). Diseño de hormigón rígido de alta resistencia utilizando escoria de acero para la aplicación en pavimento de concreto. *Repositorio digital*. Published. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12085>
28. Mo, L., Zhang, F., Deng, M., Jin, F., Al-Tabbaa, A., & Wang, A. (2021). Accelerated carbonation and performance of concrete made with steel slag as binding materials and aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 83, 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.07.018>
29. Nguyen, T. T. H., Phan, D. H., Mai, H. H., & Nguyen, D. L. (2020). Investigation on Compressive Characteristics of Steel-Slag Concrete. *Materials*, 13(8), 1928. <https://doi.org/10.3390/ma13081928>

30. Oliveira, D., Amancio, F. A., Sousa, I. L. X. D., Lucas, S. O., Lima, D. A., & Cabral, A. E. B. (2020). Efeitos da substituição do cimento Portland por escória de aciaria BSSF nas propriedades físicas e mecânicas do concreto. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 25(4). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620200004.1190>
31. Olofinnade, O., Morawo, A., Okedairo, O., & Kim, B. (2021). Solid waste management in developing countries: Reusing of steel slag aggregate in eco-friendly interlocking concrete paving blocks production. *Case Studies in Construction Materials*, 14, e00532. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00532>
32. Palanisamy, S., Maheswaran, . , Annaamalai, M., Vennila, P. (2021). Escoria de acero para mejorar la alta resistencia del hormigón. SN. Published. https://www.researchgate.net/publication/282267666_Steel_slag_to_improve_the_high_strength_of_concrete
33. Poonkodi, A., Vinodkuma, R. (2021). Study on Strength and Durability Properties of Concrete using Steel Slag as Coarse Aggregate in Concrete. SN. Published. <https://1library.net/document/y6j2dw7q-study-strength-durability-properties-concrete-coarse-aggregate-concrete.html>
34. Qasrawi, H. (2020). Hardened Properties of Green Self-Consolidating Concrete Made with Steel Slag Coarse Aggregates under Hot Conditions. *ACI Materials Journal*, 117(1), 107-118. doi:<https://www.doi.org/10.14359/51719072>
35. Rahmi, K., And Jannes, P. (2021). Preliminary studies on steel slag as a substitute for coarse aggregate on concrete. SCIENCES. Published. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713803011>
36. Ríos, J. D., Leiva, C., Ariza, M., Seitzl, S., & Cifuentes, H. (2021). Analysis of the tensile fracture properties of ultra-high-strength fiber-reinforced concrete with different types of steel fibers by X-ray tomography. *Materials & Design*, 165, 107582. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.107582>
37. Romera, J. M., Marcos, I., Skaf, M., & Ortega-López, V. (2021). An alternative experimental methodology to determine the diagonal cracking resistance of steel-reinforced concrete beams. *Engineering Structures*, 244, 112741. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112741>
38. Sabapathy, Y., Balasubramanian, V., Shiva Shankari, N., Yeshwant Kumar, A., & Ravichandar, D. (2021). Experimental investigation of surface modified EOF steel slag as coarse aggregate in concrete. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 29(4), 388–393. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2016.07.002>
39. Sasy Chan, Yung William; Zhou, Zhi; Liu, Wanqiu & Ou, Jinping (2021). OFBG-Based Smart

- Double-Skin Tubular Confined-Concrete Column with Basalt FRP-Steel Composite. *Sensors* (14248220), 19(16), 3572. <https://www.doi.org/10.3390/s19163572>
40. Sciarretta, F., Fava, S., Francini, M., Ponticelli, L., Caciolai, M., Briseghella, B., & Nuti, C. (2021). Ultra-High performance concrete (UHPC) with polypropylene (Pp) and steel Fibres: Investigation on the high temperature behaviour. *Construction and Building Materials*, 304, 124608. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124608>
 41. Sha, F., Liu, P., & Ding, Y. (2021). Application investigation of high-phosphorus steel slag in cementitious material and ordinary concrete. *Journal of Materials Research and Technology*, 11, 2074–2091. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.02.036>
 42. SANDOVAL, G. F. B., GALO BARDES, I., DIAS, C., CAMPOS, A., & TORALLES, B. M. (2021). Pervious concrete made with electric furnace slag (FEA): mechanical and hydraulic properties. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 12(3), 590–607. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952019000300009>
 43. SOUZA, L., ZOLETT, E. R., & CARRAZEDO, R. (2021). Study of effect of electric arc furnace slag on expansion of mortars subjected to alkali-aggregate reaction. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 9(4), 572–578. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952016000400006>
 44. Torres, K. (2021). Evaluación de Las propiedades del concreto adicionado con escoria de acero para una resistencia de $f'c=280$ kg/cm² en Chiclayo- Lambayeque. [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejos]. Renati. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38446>
 45. Udayasree, B., Ramanna, T. R., & Akash, D. (2021). Study and Behaviour of M40 Grade Concrete using Steel Slag as Partial Replacement of Coarse Aggregate. *Grenze International Journal of Engineering & Technology (GIJET)*, 250-256. Obtenido de <https://search.ebscohost.com/login.aspx?>
 46. Vinotha Jenifer, J., & Brindha, D. (2021). Development of hybrid steel-basalt fiber reinforced concrete – in aspects of flexure, fracture and microstructure. *Revista de la construcción*, 20(1), 62–90. <https://doi.org/10.7764/rdlc.20.1.62>
 47. Veerapathran, M. Y Amudhavalli, N. (2021). Influence of Steel Slag Aggregates on Impact Strength and Abrasion Resistance of Concrete Pavement. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(2), 4686–4688. <https://doi.org/10.35940/ijeat.b5128.129219>
 48. Wang Xinzhong; Li Chuanxi & Zhou Wei (2021). Experimental Study on the Ultimate Bearing Capacity of Long Basalt Fiber- Reinforced Concrete (BFRC)-Filled Steel Tube Columns under Axial Compression. *Journal of Engineering Science & Technology Review*,

9(5),158-163.

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=120260032&lang=en&site=ehost-live>

49. Warudkar, A., Elavenil, S. (2021). ABRASION RESISTANCE OF SUSTAINABLE WASTE STEEL SLAG MIXED CONCRETE. *Revista Romana de Materiale*, 51(3), 449–455. <https://www.proquest.com/docview/2577530480/fulltextPDF/4E0F945739A04B44PQ/1?accountid=39560>
50. Wu, F., Yu, Q., & Brouwers, H. (2021). Phosphorus removal enhancement by porous adsorptive mortar using miscanthus and steel slag for highly adsorptive concrete. *Construction and Building Materials*, 295, 123686. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123686>
51. Xiao, B., Wen, Z., Miao, S., & Gao, Q. (2021). Utilization of steel slag for cemented tailings backfill: Hydration, strength, pore structure, and cost analysis. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00621. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00621>
52. Yang, X., Huo, Z., Zhang, Z., & Yang, Z. (2021). Research on Basic Mechanical Properties of Large Scale Thermal Steel Slag Cement Concrete. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 643, 012068. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/643/1/012068>
53. Yang, Yongmin; Li, Zhaoheng; Zhang, Tongsheng; Wei, Jiangxiong & Yu, Qijun (2020). Bond-Slip Behavior of Basalt Fiber Reinforced Polymer Bar in Concrete Subjected to Simulated Marine Environment: Effects of BFRP Bar Size, Corrosion Age, and Concrete Strength. *International Journal of Polymer Science*, (), 1-9. <https://www.doi.org/10.1155/2017/5156189>