

Performance characteristics of concrete packaged with electric arc furnace slag to replace average aggregate

Parrón-Rubio, María Eugenia¹; Pérez-García, Francisca¹; Oliveira, Miguel José²; Rubio-Cintas, María Dolores³

ABSTRACT

One of the objectives sought today is the reuse of any type of waste and converting it into raw material for reuse. The study of different components in concrete for materials that go to landfill, minimizing the impact it causes on the environment can be a solution in civil engineering, minimizing risks and carrying out the study of different dosages to obtain an optimal result. This article studies the replacement of cement with different types of slag GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag) and LFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag), at a percentage of 50%, with aggregates.

Keywords: Concrete, electric arc furnace, ecological concrete, steel slag.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores a estudiar hoy día, en la producción de cualquier producto, es garantizar un planeta sostenible, en un contexto tanto de vida, como de trabajo saludable y seguro, causando el menor impacto en el medio ambiente.

Durante muchos años, en nuestra sociedad ha predominado la economía lineal, utilizando materias primas para fabricar productos, desechando los residuos que se generaban. Poco a poco, en los procesos de fabricación, se han ido introduciendo residuos como materia prima, para la generación de productos nuevos, como ejemplo, en las dosificaciones de hormigón. Lo interesante es que todo aquel residuo que se genere en la industria, tenga una segunda vida, y que poco a poco, se vayan incluyendo en otro tipo de productos, y así, reducir los vertederos hasta su casi posible extinción[1].

Por otro lado, uno de los principales problemas de la industria siderúrgica, es la generación de residuos y subproductos que deben procesarse o reutilizarse adecuadamente para promover la sostenibilidad ambiental, siendo uno de estos subproductos, la escoria de acero. La estrategia de sustitución de estos subproductos tiene dos objetivos; la reducción del consumo de materias primas y la gestión de residuos.

El objetivo de este estudio, es sustituir dos tipos distintos de escorias de acerías; una de ellas por el 50% cemento y la otra por el 100% del árido intermedio, y ver los resultados que se obtienen, tanto en su resistencia a flexión, como a compresión.

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Materiales y Fabricación. Universidad de Málaga. (ESPAÑA). mariaeugenia.parrón@uma.es (Corresponding author), perez@uma.es

² Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Algarve (Portugal). mjolivei@ualg.pt

³ Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. (ESPAÑA). mariadolores.rubio@uca.es

2. MATERIALES

Para la realización de este trabajo se han utilizado los materiales que se describen a continuación.

2.1. Escorias

Según la sociedad de Administraciones Públicas del Gobierno de España, las escorias son residuos “no tóxicos” que pueden ser sólidos o pastosos, no siendo residuos peligrosos, obtenidos de diferentes procesos industriales. Se definen los dos tipos de escorias que se utilizarán, las escorias GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag) tal como muestra la Fig. 1. (a) y las escorias LFS (Ground Granulated Blast furnace slag), Fig. 1. (b).



Figura 1. Escoria GGBFS (a) y Escoria LFS (b)

Las GGBFS o escoria de alto horno, es un subproducto del proceso de producción de hierro fundido, durante el cual se forman grandes cantidades de escoria líquida de composición cercana a la del cemento Portland. Se muelen para obtener un polvo de finura comparable a la del cemento.

La escoria granulada de alto horno es un material vítreo granular que varía según la composición química y el método de producción. Debido a sus propiedades cementosas, las escorias GGBFS se pueden utilizar como material cementante complementario [2].

La escoria de horno de arco eléctrico o “escoria negra” se produce durante la fabricación de acero bruto mediante el proceso de horno de arco eléctrico (EAF). La escoria líquida se deja enfriar lentamente al aire formando escoria cristalina. El subproducto EAFS se convierte en un material pedregoso, cohesivo, ligeramente poroso, pesado, duro y tenaz, cuyo color inicial es casi negro, debido a la presencia de óxidos de hierro. Con un posterior refinamiento de dicho acero en el horno cuchara se produce un tipo diferente de escoria, la Ladle Furnace Slag (LFS) o “escoria blanca”.

2.2. Cemento y áridos

El cemento utilizado para la preparación de todas las mezclas, ha sido Cemento Portland CEM I 52,5 R, cemento de alta resistencia y sin ningún tipo de añadido. Los áridos utilizados fueron: áridos gruesos (4-16 mm), áridos intermedios (0-4 mm), áridos finos (0-2 mm), agua para consumo doméstico, sin ningún ingrediente que pueda afectar las propiedades del hormigón, aditivo (Aditivo superplastificante).

2.3. Dosificación

La dosificación del hormigón proviene de trabajos previos con distintos tipos de escorias o porcentajes de sustitución [4,5]. Para este trabajo se han realizado dos relaciones diferentes, una para hormigón convencional, definiéndolo como D1 y otra, en la que se sustituye el 50% de cemento por escorias

GGBFS, y el 100% de escorias LFS por el árido intermedio, definiéndolo como D2. Dichas dosificaciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Dosificación del hormigón

Dosificación del hormigón		
Material	Convencional (D1)Kg/m ³	GGBFS y LGS (D2)Kg/m ³
Cemento	14,63	7,32
GGBFS	-	7,32
Agua	7,32	7,32
Aditivo	0,25	0,25
Árido 0-2	14,88	14,88
Árido 0-4	34,72	-
Árido 4-16	49,6	49,6
LGS 0-4	-	34,72

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Las muestras se han sometido a dos tipos de ensayos, resistencia a compresión y resistencia a flexión, cuyos resultados se muestran a continuación.

3.1. Resistencia a compresión.

Los ensayos a compresión se realizaron a 1, 3, 7, 28, 60 y 90 días según las normas EN 12390-3 y EN 12390-4. Se utilizaron 6 probetas por cada mezcla fabricada, por día se utilizaron de promedio 2 probetas por cada ensayo, realizando la rotura mediante una prensa hidráulica, obteniendo los resultados que se muestran en la Fig.2.

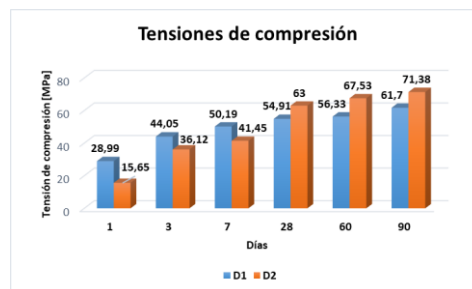


Figura 2. Tensiones de compresión

Se observa, que en un principio la capacidad resistente de D1, hormigón convencional, aumenta con respecto a hormigón con adición en un 46,01%. Por el contrario, conforme va aumentando el curado del material, la capacidad resistente de D2 va aumentando, reduciéndose la diferencia a un 17,17%, observando que, a 28 días, supera el hormigón con adición al convencional en un 12,84% y en un 13,56% a 90 días. El aumento de la capacidad resistente con respecto al tiempo, es debido a la hidratación del cemento, puesto que la escoria es un material con características hidráulicas latentes, garantizando por tanto la hidratación del cemento.

3.2. Resistencia a flexión

Para el estudio de la resistencia a flexión se parte de la norma UNE EN 12390-5. Para el desarrollo de este ensayo se han utilizado probetas prismáticas de 40x40x160 mm. Los datos obtenidos se muestran en la Fig. 3.

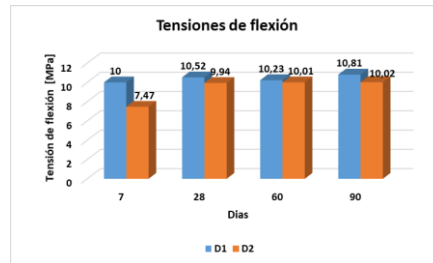


Figura 3. Resultados de esfuerzos a flexión

Se observa que a edades tempranas, la capacidad de resistencia a flexión es del 25,3% mayor en el hormigón convencional que en el de sustitución de escorias. Sin embargo, conforme va pasando el tiempo, la capacidad resistente se iguala a todas las edades, estando por debajo del 5% de diferencia prácticamente en todos ensayos realizados.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se refleja que el uso de escorias (GGBFS y LFS) como sustitución de áridos y cemento, es factible para la fabricación de hormigón ecológico, ya que no sólo mantiene la misma capacidad resistente, sino que, en el caso de la resistencia a compresión, la aumenta, siendo éste el resultado más característico del estudio.

De este modo se contribuye a una economía circular y sostenible, ya que es posible utilizar un material de desecho, en la producción de acero que reduce el consumo de materias primas, para la elaboración del hormigón.

REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística. (Spanish Statistical Office). <https://www.ine.es>
- [2] Duran Atis, C., Bilim, C., (2007). Wet and dry cured compressive strength of concrete containing ground granulated blast-furnace slag. *Building and Environment*, 29, 3060–3065.
- [3] Özalp, F., (2022). Effects of electric arc furnace (EAF) slags on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. *Construction and Building Materials*, 329.
- [4] Rubio-Cintas, M.D., Parrón-Rubio, M.E., Pérez-García, F., Bettencourt-Ribeiro, A., Oliveira, M.J., (2020). Influence of steel slag type on concrete shrinkage. *Sustainability*, 13.
- [5] Rubio-Cintas, M.D., Barnett, S.J., Pérez-García, F., Parrón-Rubio, M.E., (2019). Mechanical-strength characteristics of concrete made with stainless steel industry wastes as binders. *Construction and Building Materials*, 204, 675–683.