Árido siderúrgico en capa de sub-base y de forma en plataformas ferroviarias

27 de enero de 2015

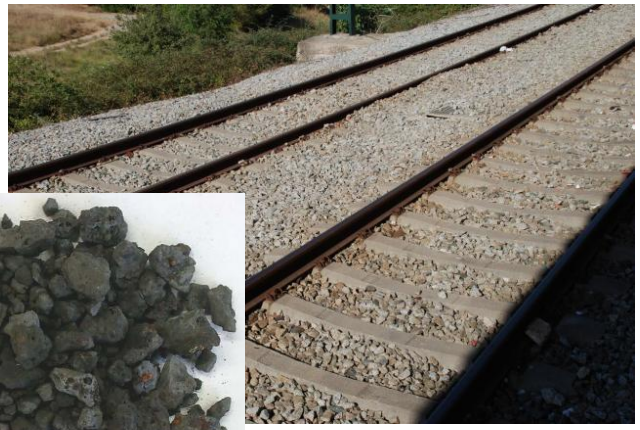
0 ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Participantes y porcentaje de participación
3. Tareas y cronograma
4. Principales resultados
5. Resumen y conclusiones
6. Principales innovaciones
7. Internacionalización de los resultados
8. Incidencia de los resultados del Proyecto

1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

Desarrollar nuevos materiales que cumplan los requisitos técnicos necesarios para su utilización **en capas de forma y sub-balasto de infraestructuras ferroviarias, a partir de escorias de horno de arco eléctrico.**



Objetivos específicos

- **Desarrollar nuevos materiales aptos** para estas capas de la infraestructura viaria a partir de escorias siderúrgicas.
- **Incrementar el conocimiento** en **aplicación de escorias** de acería para el desarrollo de nuevos materiales, específicamente en infraestructuras ferroviarias.
- **Valorización económica de las escorias** siderúrgicas de horno de arco eléctrico en un material de construcción apto para la obra civil.
- **Reducción de dependencia de áridos naturales** en la construcción de infraestructuras ferroviarias.

2 PARTICIPANTES Y PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN

MIEMBROS DEL CONSORCIO	CATEGORÍA	PARTICIPACIÓN
COMSA	GRAN EMPRESA	Representante Global
VIAS	GRAN EMPRESA	Coordinador Técnico
CODEFER	GRAN EMPRESA	Participante
ADEC GLOBAL	GRAN EMPRESA	Participante
UPC	OPI	Participante

PARTICIPACIÓN EMPRESARIAL				PARTICIPACIÓN CENTROS DE INVESTIGACIÓN	
GRAN EMPRESA	GRAN EMPRESA	PYME	PYME	OPI	
COMSA	VIAS	CODEFER	ADEC GLOBAL	UPC	TOTAL
21,44%	20,72%	13,60%	13,22%	31,02%	**100,00%**
324.548,00	313.636,20	205.889,69	200.100,00	469.556,00	**1.513.729,89**

3 TAREAS Y CRONOGRAMA

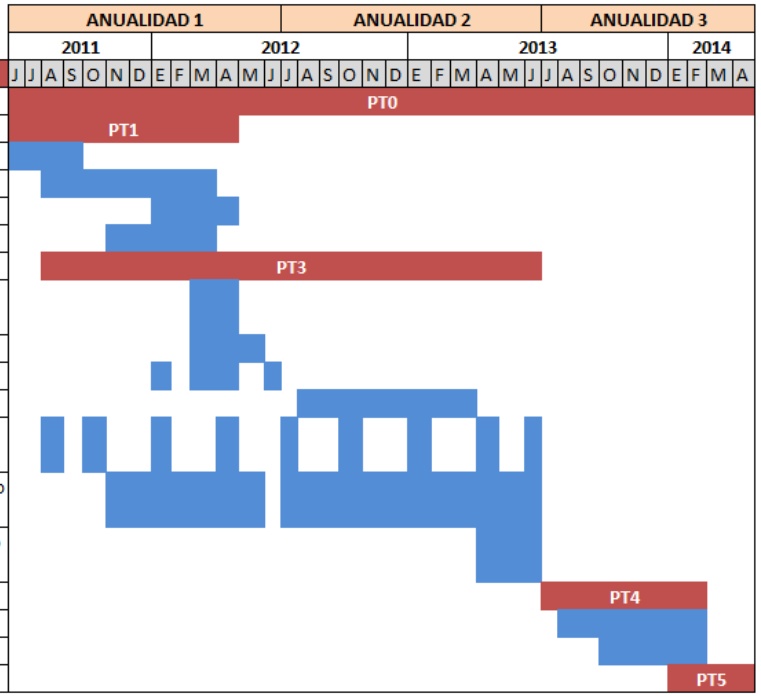
Tareas y participantes

PAQUETES DE TRABAJO		COMSA	VIAS	UPC	CODEFER	ADEC GLOBAL
PT0	Gestión y coordinación del consorcio	X	X	X	X	X
PT1	Obtención del árido siderúrgico optimizado.	X	X	X	X	X
Tarea 1.1	Valorización de las escorias negras y recopilación de prescriptivas técnicas	X	X		X	X
Tarea 1.2	Caracterización en laboratorio de los distintos áridos desarrollados.			X	X	X
Tarea 1.3	Diseño y optimización del árido siderúrgico			X	X	X
Tarea 1.4	Mejora del proceso productivo para la obtención de los áridos siderúrgicos optimizados				X	X
PT2	Estudio y desarrollo de las distintas tipologías de mezclas	X	X	X	X	X
Tarea 2.1	Determinación de las propiedades de la mezcla optimizada de árido siderúrgico respecto a las especificaciones técnicas para capa de base y subbalasto			X	X	X
Tarea 2.2	Determinación del impacto ambiental de la mezcla optimizada de árido siderúrgico en capa de base y subbalasto			X		
Tarea 2.3	Caracterización del árido convencional de aportación (A).	X	X	X		
Tarea 2.4	Estudio de la aplicación de la mezcla de árido siderúrgico y árido de aportación como capa de forma y subbalasto			X		
				X		
Tarea 2.5	Estudio de la variabilidad del árido siderúrgico producido a partir de la escoria negra de acería de horno eléctrico (EN)			X	X	X
Tarea 2.6	Estudio de la correlación del potencial expansivo determinado según la norma UNE EN 1744-1 y el comportamiento bajo condiciones reales simuladas en el prototipo.	X	X	X		
Tarea 2.7	Valoración y modelización del impacto ambiental de la utilización de árido siderúrgico solo o en mezclas con suelo o árido de aportación en capa de forma y subbalasto.			X		
PT3	Aplicación piloto en obra	X	X	X	X	X
Tarea 3.1	Construcción del terraplén experimental	X	X		X	X
Tarea 3.2	Estudio del comportamiento de los terraplenes experimentales	X	X	X		
PT4	Análisis de resultados y redacción de la guía de aplicación del árido siderúrgico y de sus mezclas	X	X	X	X	X

3 TAREAS Y CRONOGRAMA

Cronograma de tareas y división de anualidades

	PAQUETES DE TRABAJO
PT0	**Gestión y coordinación del consorcio**
PT1	**Obtención del árido siderúrgico optimizado**
1,1	Valorización de las escorias negras y recopilación de prescriptivas físicas
1,2	Caracterización en laboratorio de los distintos áridos desarrollados
1,3	Diseño y optimización del árido siderúrgico
1,4	Mejora del proceso productivo para la obtención de los áidos siderúrgicos optimizados
PT2	**Estudio y desarrollo de las distintas tipologías de mezclas**
2,1	Determinación de las propiedades de la mezcla optimizada de árido siderúrgico respecto a las especificaciones técnicas para capa de base y subbalasto.
2,2	Determinación del impacto ambiental de la mezcla optimizada de áridos siderúrgico en capa base y subbalasto
2,3	Caracterización del árido convencional de aportación (A)
2,4	Estudio de la aplicación de la mezcla de árido siderúrgico y árido de aportación como capa de forma y subbalasto
2,5	Estudio de la variabilidad del árido siderúrgico producido a partir de la escoria negra de acería de horno eléctrico (EN)
2,6	Estudio de la correlación del potencial expansivo determinado según la norma UNE EN 1744-1 y el comportamiento bajo condiciones reales simuladas en el prototipo.
2,7	Valoración y modelización del impacto ambiental de la utilización de árido siderúrgico solo o en mezclas con suelo o árido de aportación en capa de forma y subbalasto.
PT3	**Aplicación piloto en obra**
3,1	Construcción del terraplén experimental
3,2	Estudio del comportamiento de los terraplentes experimentales.
PT4	Análisis de resultados y redacción de la guía de aplicación del árido siderúrgico y de sus mezclas



4 PRINCIPALES RESULTADOS

PT1. Obtención del árido siderúrgico sintetizado

- **Valorización de escorias negras** (menos expansivas que las blancas) procedentes de Cantabria y Cataluña por las empresas CODEFER y ADECGLOBAL.

- Recopilación de las principales **prescriptivas técnicas y ambientales**.

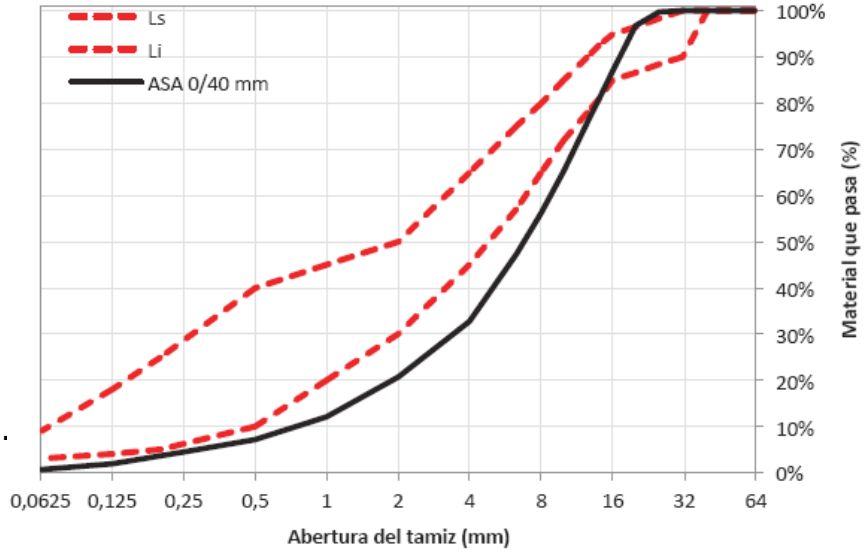
- Estudio y optimización de los **procesos de obtención de áridos siderúrgicos**.

- **Homogeneización** y cuarteo de muestras.

- **Realización de ensayos** (de caracterización química, mineralógica, mecánica y geotecnia, de lixiviación e impacto ambiental…)

- **Los áridos no cumplen el huso granulométrico** especificado en el pliego de ADIF (por escasez de finos).

→ **Necesidad de mezclar con áridos de aportación**.



4 PRINCIPALES RESULTADOS

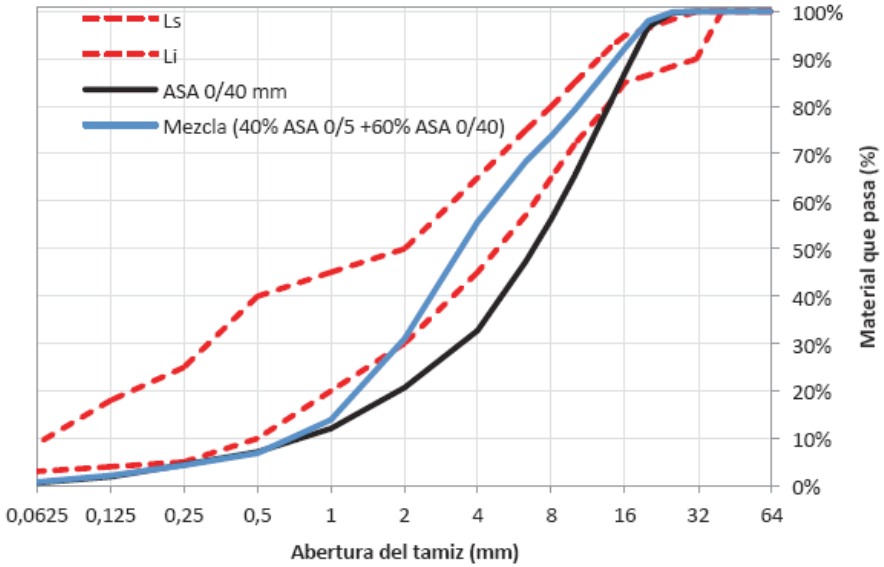
PT2. Estudio y desarrollo de las distintas tipologías de mezclas

- El árido siderúrgico y las mezclas con áridos de aportación presentan **muy buenas características mecánicas.**

- **En general cumplen el Pliego de Prescripciones Técnicas de ADIF** y otras regulaciones de carácter físico, mecánico, químico y ambiental.

- El bajo contenido de finos de alguna de las muestras implica un **coeficiente de curvatura granulométrica inadecuado** y **una permeabilidad superior a la especificada en el PPT de ADIF**, aunque ésta se reduce con los procesos de cementación del árido siderúrgico.

- Los valores medios y la variabilidad de los resultados de los **ensayos químicos y mecánicos** (Los Ángeles, Micro-Deval, expansión volumétrica) varían según la procedencia del árido siderúrgico.



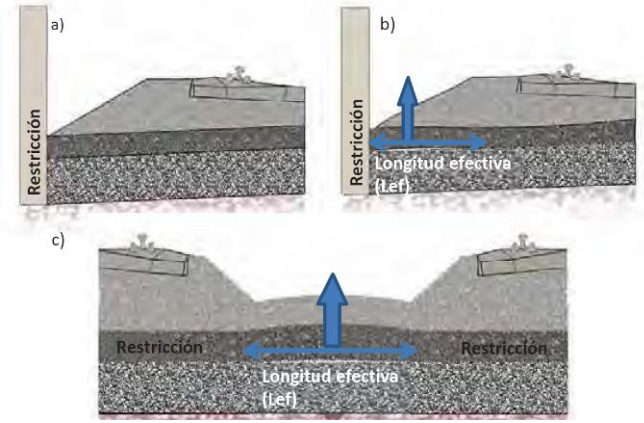
4 PRINCIPALES RESULTADOS

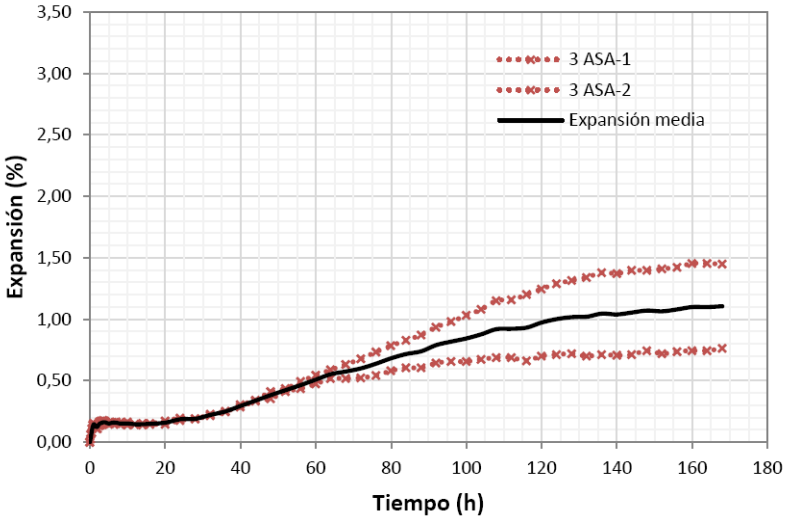
PT2. Estudio y desarrollo de las distintas tipologías de mezclas

• Los desplazamientos laterales y verticales estimados dependen de la **expansión volumétrica** del árido siderúrgico, del espesor y ancho de la capa y de sus condiciones de contorno.

• **Ensayos de expansión acelerada** según norma UNE EN 1477-1:2010. Después de 300 días de ensayos, **no se detecta variación volumétrica** de la muestra “MASA” empleada en el tramo experimental en Catalunya, ni de la muestra “MASC” empleada en el tramo experimental en Cantabria, bajo condiciones normales de laboratorio.

• En la actualidad, no hay una legislación española o europea que fije los valores límites del impacto ambiental por lixiviación de los materiales de construcción. El proyecto ASICAP sirve como **avance hacia la estandarización** de estos parámetros.





4 PRINCIPALES RESULTADOS

PT3. Aplicación piloto en obra

- Ensayos a escala real ejecutados por COMSA y VÍAS en dos ubicaciones distintas.
- Comprobación de la adecuación del árido siderúrgico como material de obra ferroviaria.
- Material suministrado por ADECGLOBAL y CODEFER.

- Tramo experimental de VÍAS con árido siderúrgico en la **capa de forma** y de **sub-base.**
- **Contraste** con un terraplén de zahorras de cantera.

Capa de Forma= 50% Zahorra 0/40 cantera + 50% Árido siderúrgico 0/40

Subbalasto= 60% Arena cantera 0/4 + 40% Árido siderúrgico 0/40

- Tramo experimental de COMSA en la estación de cercanías de L’Hospitalet con **sub-balasto** de árido siderúrgico (ASA3).
- Tramo contiguo de zahorras de cantera para **contraste.**
- **Recogida de lixiviados.**

4 PRINCIPALES RESULTADOS

PT3. Aplicación piloto en obra

Por VÍAS

✓ **Ensayo de placa de carga**: el terraplén con árido siderúrgico tiene mejor comportamiento que el tramo de control.

	Fecha			Ev1	Ev2	Ev2/Ev1	Observaciones.
0 días	19/02/2014	Capa de forma	Cantera	29,8	281,25	9,44	
		Capa de forma	50%-50%	48,91	166,67	3,41	
0 días	20/02/2014	Subbalasto	Cantera	X	X	X	Muy húmedo
		Subbalasto	60%-40%	53,57	160,71	3	
3 días	24/02/2014	Lluvia					
7 días	06/03/2014	Subbalasto	Cantera	34,88	225	6,45	
		Subbalasto	60%-40%	70,31	160,71	2,29	
28 días	21/03/2014	Subbalasto	Cantera	86,54	500	5,78	
		Subbalasto	60%-40%	95,74	236,84	2,47	
90 días*	21/05/2014	Subbalasto	Cantera				
		Subbalasto	60%-40%				

*No se ha podido realizar la placa a 90 días por condiciones meteorológicas adversas

✓ **Permeabilidad** de 8.26·10-4 cm/s, superior al árido de cantera, pero cumple FOM/1269/2006.
✓ **Control volumétrico**: estabilidad total del terraplén en las dos capas. Mejor comportamiento que terraplén de control.

Por COMSA

✓ **Ensayo de placa de carga**: relación media Ev2/Ev1 = 2.7
✓ **Densidad media** de 2.81 t/m3
✓ **Humedad media** del 2.26%.
✓ Grado de **compactación** del 99.64%.
✓ Control topográfico del **asentamiento**: 50% del obtenido en el tramo de control.
✓ **Control de lixiviados**: todos los valores son inferiores a los niveles de referencia, excepto Cl, Ba, Mo y sulfatos (excesivamente restrictivos según publicaciones holandesas).

4 PRINCIPALES RESULTADOS

PT4. Análisis de resultados y redacción de la guía de aplicación del árido siderúrgico y de sus mezclas

- Necesidad de combinar las escorias con material de aportación para cumplir granulometría (las escorias carecen de finos). Valores óptimos de **25-30% de material de aportación** (zahorras, caliza, fino reciclado de hormigón, arena de silo…)

- **Se cumplen todos los requisitos del PPT de ADIF** salvo la permeabilidad, que es ligeramente superior a la exigida, aunque ésta disminuye con el tiempo por la cementación del árido siderúrgico.

- **Poca variabilidad en las propiedades de las escorias** (depende de las características de la acería y de su control de calidad).

- **Ejecución de las obras** con el **mismo método y maquinaria** que con árido convencional.

- **Control de calidad:** Además del exigido para sub-balasto convencional se debe añadir el control de la expansividad del árido siderúrgico. También se **debe controlar la lixiviación**, aunque está por debajo de los límites marcados por las normativas regionales (no existe normativa nacional o europea).

- Los tramos de prueba realizados demuestran un **comportamiento adecuado de la plataforma, incluso reduciendo los asientos de vía**.

5 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Tras la finalización del proyecto ASICAP, se concluye lo siguiente:

• Se ha desarrollado un **nuevo material apto** para su empleo en las capas de forma y sub-balasto en plataformas ferroviarias.

• Se ha hallado una aplicación a las escorias siderúrgicas de horno de arco eléctrico, **reduciendo este residuo industrial** y **reduciendo la dependencia de áridos naturales** en obra civil.

• El consorcio ha conseguido elaborar el **Pliego de Prescripciones Técnicas Tipo para los proyectos de Plataforma de ADIF para sub-balasto y capa de forma**.

• **Se cumplen todos los requisitos del PPT de ADIF** salvo la permeabilidad, que es ligeramente superior a la exigida, aunque ésta disminuye con el tiempo por la cementación del árido siderúrgico.

• Los ensayos, estudios y experimentaciones piloto se han llevado a cabo sobre los **dos orígenes de escorias** (ADECGLOBAL y CODEFER) y por los **dos usuarios finales** (COMSA Y VÍAS), de manera que **los resultados son más contrastados y representativos**.

6 PRINCIPALES INNOVACIONES

Productos obtenidos

• **Árido siderúrgico** de altas prestaciones **de escoria de acero de horno de arco eléctrico** reciclada para uso en capas de forma y sub-base en plataforma ferroviaria.

Previsión de explotación/comercialización de los resultados

La tecnología desarrollada en el presente proyecto es exportable y permitirá **incrementar la competitividad de VIAS y COMSA** en obras ferroviarias en mercados internacionales:

• El Grupo **COMSA** mantiene más de 2.000 km de vía doble y durante los próximos 5 años tiene previsto construir o renovar un total de 700 km de vía doble, lo que supone un mercado potencial entorno a los **650 M€**.

• **VÍAS** se ha marcado como objetivo una tasa de éxito en la contratación del 0,55 que supondría una contratación para el período del proyecto de **305 M€**.

7 PLAN DE INTERNACIONALIZACION DE LOS RESULTADOS

En COMSA:
•COMSA tratará de aplicar los productos obtenidos en el presente proyecto en las obras ferroviarias que estime oportunas en los 19 países en los que está presente. El departamento de Gestión del Conocimiento se encargará de transferir el conocimiento a las filiales de la empresa en el extranjero.

En VÍAS:
- VIAS dentro de su expansión internacional mostrará y diseminará los resultados de este proyecto a aquellos administradores ferroviarios que estén interesados.

En UPC:
Publicación, en revistas internacionales indexadas de dos artículo.
- Comportamiento ambiental del árido siderúrgico. (fase de redacción)
- Comparación de los resultados de expansión acelerada con los obtenidos en condiciones reales de aplicación (fase de experimentación)

En CODEFER y ADECGLOBAL:
- Contribución a la mejora e internacionalización de conocimientos a las distintas siderurgias del GRUPO CELSA en Europa de la existencia de un nuevo uso en la aplicación de Áridos Siderúrgicos Valorizados (ASV), para su posible implantación en cada país donde dispongan de plantas.

8 INCIDENCIA DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

En COMSA:

• Diseño de **productos más eficaces**, que generen **mayor beneficio** para la empresa. Este beneficio estará ocasionado bien por un ahorro propio del producto, bien por un aumento de la cuota de mercado

En VÍAS:

- Disponer de soluciones alternativas a ofrecer a nuestros clientes en licitaciones, marcando la diferencia frente a nuestros competidores.
- Continuar con la línea de investigación basada en áridos siderúrgicos desarrollando nuevos materiales que aporten valor a la empresa y den solución a los distintos requisitos de las plataformas ferroviarias y similares, pudiendo extrapolar los resultados a otros sectores .

En UPC:

- Desarrollo de un prototipo para determinar la estabilidad dimensional, de capas granulares, a largo plazo.
- Tesis doctoral – Modelización de la expansión y del impacto ambiental de la escoria siderúrgica para su uso en ingeniería civil

8 INCIDENCIA DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

En CODEFER:

- Para la empresa: desarrollar una alternativa al empleo de los áridos naturales en estructuras ferroviarias dando un nuevo uso del residuo valorizado, que mejora las anteriores aplicaciones y por tanto incrementa y abre nuevas posibilidades de mercado.
- Para nuestros clientes: utilización de un nuevo producto más eficiente y rentable que les permite ser más competitivos en sus ofertas y proyectos.
- Para la comunidad: mejorar la sostenibilidad del medioambiente dando una utilización más ecológica y eficiente a los residuos.

En ADECGLOBAL:

• Ofrecer la alternativa de áridos reciclados, procedentes de las escorias siderúrgicas, a los áridos naturales.
•Garantizar la homogeneidad de los áridos siderúrgicos cumpliendo con los requisitos para su marcado CE, así como la calidad de los mismos físicamente y mecánicamente cumpliendo con todos los requerimientos exigidos a un árido natural.
•Reducir el impacto de las extractivas al medio ambiente
•Convertir un residuo Industrial en un Producto reutilizable 100% en aplicaciones de obra civil
•Utilización del árido siderúrgico en las plataformas ferroviarias ofreciendo una reducción de costes a los usuarios del mismo.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
INNPACTO
COMSA
UPC
VIAS
CODEFER
ADECGLOBAL
ECO-INTEGRACIÓ AMBIENTAL