

GUÍA DE APLICACIÓN DEL DECRETO DE ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE ESCORIAS NEGRAS DE FABRICACIÓN DE ACERO EN HORNOS DE ARCO ELÉCTRICO Y SU UTILIZACIÓN COMO ÁRIDO SIDERÚRGICO



EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

Un registro bibliográfico de esta obra puede consultarse en el catálogo de la red Bibliotekak del Gobierno Vasco:

<http://www.bibliotekak.euskadi.eus/WebOpac>

Edición: Abril 2019

© Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
Departamento de medio ambiente, planificación territorial y vivienda

www.euskadi.eus

Edita: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
Donostia-San Sebastián, 1 - 01010 Vitoria-Gasteiz

Diseño: Emilia Oleaga

1

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El proceso de fabricación del acero en las acerías de horno eléctrico de arco (en adelante, HEA) se compone de dos etapas: una primera denominada metalurgia primaria que se realiza en HEA, donde se produce la fusión de las materias primas (chatarra de hierro dulce o acero, pequeñas cantidades de fundición y pre-reducidos) y la fase oxidante o ácida del afino; la segunda, denominada metalurgia secundaria o afino del baño fundido, que se inicia en el HEA y finaliza en el horno cuchara u otros procesos AOD para los aceros inoxidables.

Las plantas siderúrgicas, como en cualquier proceso productivo, optimizan la calidad de sus materias primas. Siendo la chatarra la materia prima principal de las acerías de horno eléctrico, se dispone de procedimientos para el control y utilización de la misma, tanto en su recepción y almacenamiento como en su procesado en el horno eléctrico, mediante los cuales se asegura un correcto cierre de ciclos de los recursos naturales. De acuerdo con lo indicado anteriormente, tras la recepción y clasificación de la chatarra ésta es seleccionada y utilizada junto con otras materias primas como arrabio o prerreducidos, cales, carbón de espumación, etc, en el horno eléctrico con el fin de lograr una optimización de las calidades de los aceros y de los subproductos producidos

En el proceso de fabricación de acero en el H.E.A se incluyen diversas fases como la fusión, la oxidación, dirigidas a eliminar elementos no deseados y a la formación de la escoria espumante en la que se acumulan todas las impurezas. Una vez finalizadas estas fases se extrae la escoria de fusión – comúnmente denominada escoria negra- como producto resultante del enfriamiento y solidificación del material que sobrenada y flota sobre los caldos líquidos de las aleaciones férricas en el proceso de fusión y desfosforación de la chatarra y

prerreducidos de hierro. La escoria negra o de fusión se produce en una proporción que oscila entre 85 y 150 kg/tonelada de acero, en función de la calidad de la chatarra.

Las escorias negras de HEA están constituidas, mayoritariamente, por cal, sílice, magnesia, alúmina y óxidos de hierro. Éstas no presentan propiedades hidráulicas y puzolánicas latentes, por lo que su mayor potencial aprovechamiento en aplicaciones de infraestructura civil y edificación ha de orientarse hacia la valorización como material granular.

El proceso de valorización de la escoria negra de HEA, para obtener un material granular denominado como árido siderúrgico, contempla tratamientos previos dirigidos a eliminar elementos metálicos, a obtener husos granulométricos comerciales, así como a garantizar la estabilidad volumétrica del material granular resultante.

Para producir aceros de alta calidad se precisan, por razones metalúrgicas, elevadas adiciones de cal. Como consecuencia de este proceso, las escorias de acería presentan altos contenidos de CaO (óxido de calcio). El óxido de calcio, en las escorias enfriadas, se encuentra en forma de silicatos, tri- y bicálcicos, junto con ferritos, aluminatos, así como en forma de cal libre (CaO libre) o residual, no disuelta en el desarrollo del proceso de producción de acero. Dicha cal libre puede, en presencia de humedad, hidratarse y producir, debido a la mayor exigencia de volumen de la fase hidratada, un deterioro de la estructura de la escoria de acería. Además del contenido de cal libre, la porosidad, y consiguientemente la accesibilidad para la humedad, es un criterio esencial respecto a la resistencia al hinchamiento. Adicionalmente, la presencia de magnesia libre (MgO libre), puede determinar, de forma deletérea, la estabilidad o resistencia al hinchamiento de la

escoria negra de la etapa de fusión. La magnesia libre, en forma cristalina de periclasa, constituye una parte muy significativa de la expansividad potencial de la escoria.

El envejecimiento o maduración de la escoria negra se viene realizando mediante exposición inducida a la intemperie, más o menos prolongada en el tiempo. El regado y volteo (ciclos de humedad-sequedad) de las escorias en los depósitos y acopios se revela como un remedio eficaz para su estabilización, ya que se propician los fenómenos de expansión mediante la hidratación y carbonatación de la cal y magnesia libres, antes de ser utilizadas en la fabricación

de otros materiales. La simple disposición de las escorias sin volteos añadidos sólo se estima útil en los primeros 20cm de profundidad, por lo que la práctica de moverlas periódicamente resulta muy adecuada para conseguir un producto homogéneo y adecuado para usos posteriores.

El periodo de maduración es variable en función de su proceso de obtención en cada acería. El período de estabilización de la escoria puede variar entre 72 horas y 4 meses en función del tipo de escoria, el proceso de enfriamiento, el objetivo de expansión deseable para una determinada aplicación y el procedimiento de envejecimiento adoptado.

2

SITUACIÓN EN LA CAPV

Dada la alta producción de acero en el País Vasco y, por consiguiente, de escoria, el volumen de escoria negra generado durante la última década del siglo XX, condujo a que las administraciones vascas establecieran el marco normativo –y metodológico– para la regulación de la valorización y posterior utilización de las escorias procedentes de la fabricación de acero en HEA para el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco, que quedó plasmado en la publicación del Decreto 34/2003 [BOPV, 2003].

Durante el período comprendido entre 2006 y 2015, se fueron implantando en la Comunidad Autónoma del País Vasco diversas plantas de producción de árido siderúrgico, a partir de la valorización de escoria negra de fusión de HEA, para su uso en aplicaciones que garantizaran demandas de mercado más sostenidas, tal es el caso de la producción de hormigón. Dentro de las políticas públicas de gestión y reutilización de corrientes residuales de la Comunidad Autónoma del País Vasco, se han desarrollado varios proyectos con el objeto de ampliar el conocimiento de esta familia de residuos industriales, tanto en lo relativo a su naturaleza (composición química, propiedades físicas, etc.), así como a la aproximación metodológica para su evaluación ambiental (ensayos de lixiviación, modelización del comportamiento a largo plazo, criterios de aceptación, análisis ecotoxicológicos o análisis de riesgos para determinados escenarios. En esta segunda década del siglo XXI, la creciente demanda de nuevos usos del sector siderúrgico, de las empresas de tratamiento de escoria negra, así como de los usuarios finales, han llevado a que el Decreto 34/2003 haya quedado, en parte, obsoleto en cuanto a aplicaciones de uso. En consecuencia, ha resultado necesario un proceso de revisión crítico del marco primigenio, con el fin de establecer una evolución del mismo, teniendo presente tanto

la demanda del mercado, como las lagunas de conocimiento aún persistentes.

Las administraciones públicas vascas identificaron hace varios años la necesidad de que la gestión de los residuos en el País Vasco evolucione hacia un marco metodológico común y estandarizado y, en general, más alineado con las directrices y prácticas llevadas a cabo a nivel europeo. Así, el Plan de Prevención y Gestión de Residuos de la CAPV 2020 establece actuaciones tales como:

- Revisar la normativa aplicable sobre la valorización de escorias (Decreto 34/2003) para permitir usos adicionales que sean coherentes con la investigación prenORMATIVA realizada con otros residuos en la última década.
- Analizar conjuntamente con el sector los posibles usos actuales de la escoria fomentando si procede el desarrollo de otras normas.
- Con respecto a los áridos reciclados, desarrollar herramientas de Compra Pública Verde; promover acuerdos con los Departamentos de Vivienda y Transportes, grandes constructoras, arquitectos, ayuntamientos, ... e incorporar en normativa la obligatoriedad del consumo de áridos reciclados en obras públicas en porcentajes máximos coherentes con los distintos usos prescritos en la Orden técnica de usos de áridos reciclados del Gobierno Vasco.

Este proceso de revisión ha dado como fruto el **DECRETO 64/2019, DE 9 DE ABRIL, POR EL QUE SE ESTABLECE EL RÉGIMEN JURÍDICO APLICABLE A LAS ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE ESCORIAS NEGRAS PROCEDENTES DE LA FABRICACIÓN DE ACERO EN HORNO DE ARCO ELÉCTRICO Y SU POSTERIOR UTILIZACIÓN COMO ÁRIDO SIDERÚRGICO.**

3

DEFINICIONES

El presente apartado recopila un glosario de términos técnicos con el fin de facilitar, al usuario de la guía, la interpretación del alcance, contexto, escenarios de uso y condiciones de aplicación.

ACERO

Aleación de hierro y carbono que se produce a partir de la fusión y refinado del arrabio o chatarra de hierro, chatarra de acero o hierro de reducción directa. El contenido de carbono puede variar en un porcentaje entre el 0,002% y el 1,7%.

ACERO AL CARBONO

Calidades ordinarias de acero al carbono sin contenido importante de aleación.

ACEROS INOXIDABLES

Aceros de alta resistencia a la corrosión debido a su alto contenido de cromo (Cr). Las opiniones varían respecto al nivel de cromo en el cual el acero se convierte en inoxidable, pero la composición contiene como mínimo una concentración de un 10,5%. El níquel (Ni) y el molibdeno (Mo) son elementos habituales de su composición, aunque también se pueden agregar manganeso, cobre, titanio, silicio y otros elementos de aleaciones.

APLICACIONES LIGADAS

Uso de los materiales granulares mezclados con conglomerante (cemento, betún o cualquier otro conglomerante hidráulico, hidráulico-puzolánico o aéreo) que confiere cohesión al conjunto. Estas aplicaciones se caracterizan por la encapsulación de los áridos dentro de una matriz inorgánica.

APLICACIONES NO LIGADAS (O APLICACIÓN GRANULAR)

Uso en el cual los materiales granulares se colocan compactados en (sucesivas) capas para la ejecución de diversas unidades de obra civil, sin que se adicione conglomerante alguno.

APLICACIÓN (NO LIGADA) DRENANTE

Uso cuya función, entre otras, es la de conducir y/o evacuar las aguas recogidas.

BALASTO

Árido que presenta totalmente machacada el 100% de la superficie de las partículas, empleado para la construcción de vías de ferrocarril y compuesto, habitualmente, por partículas de entre 31,50 mm y 63 mm. Aplicación no ligada.

BASE DE CARRETERA

Capa del firme situada bajo el pavimento (constituido por la capa de rodadura y la capa intermedia).

CAPA DE RODADURA

Parte superior del firme cuya superficie soporta directamente las acciones del tráfico. Puede ser elaborada bien a partir de mezclas bituminosas (en el caso de firmes semiflexibles o semirígidos), bien a partir de hormigón (en el caso de firmes rígidos, menos común en el ámbito geográfico de esta comunidad autónoma).

CAJONES DE HORMIGÓN ARMADO PARA DIQUES VERTICALES PORTUARIOS

Elementos constructivos que se trasladan flotando al lugar de fondeo y se hunden, para después rellenarlos con áridos, de forma que se asegure su estabilidad.

CRIBADO

Separación por tamaños.

DESFERRETIZACIÓN

Recuperación del material férrico atrapado por la escoria mediante procesos de machaqueo, cribado y el uso de separadores ferromagnéticos.

ESCORIA (HEA)

Material de origen industrial procedente de la fabricación de acero en hornos de arco eléctrico (HEA) que se forma durante el proceso de fusión, afino o elaboración del acero y que se separa de él debido a su menor peso específico.

ESCORIA NEGRA O ESCORIA DE FUSIÓN DE HEA

Escoria HEA que se produce en el proceso de fusión de la chatarra.

ESCORIA BLANCA O ESCORIA DE AFINO DE HEA

Escoria HEA que se produce durante la operación de afino del acero fundido.

EXPANSIÓN

Aumento inestable de volumen causado por el CaO y MgO libres y otros minerales presentes en las escorias.

EXPLANADA MEJORADA

Conjunto de capas de suelos o materiales de aportación, o la estabilización de los existentes, que se encuentran bajo el firme y sobre la que se cimienta éste.

GRAVACIMIENTO

Mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y eventualmente adiciones que, convenientemente compactada, se utiliza en la construcción de firmes de carreteras como capa de base. Aplicación ligada.

HORMIGÓN

Material compuesto formado a partir de la mezcla de grava, gravilla, arena, cemento, aditivos y agua que fragua mediante reacciones de hidratación hidráulica del cemento. Aplicación ligada.

HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Aquellos hormigones que aportan responsabilidad estructural en elementos de edificación o infraestructura civil. Pueden clasificarse como hormigones en masa, hormigón armado y pretensado. La resistencia característica mínima de los hormigones en masa será de 20 MPa. La resistencia característica mínima de los hormigones armados y pretensados será de 25 MPa.

HORMIGÓN DE USO NO ESTRUCTURAL

Aquellos hormigones que no aportan responsabilidad estructural a la construcción pero que colaboran en mejorar las condiciones durables del hormigón estructural o que aportan el volumen necesario de un material resistente para conformar la geometría requerida para un fin determinado. A modo de ejemplo, pueden ser hormigones de limpieza, hormigones de relleno, hormigones para bordillos o prefabricados afines, prefabricados sin responsabilidad estructural. La resistencia característica mínima de los hormigones no estructurales será de 15 MPa.

HORMIGÓN MAGRO VIBRADO

Mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimento de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación. Aplicación ligada.

HORNO ELÉCTRICO DE ARCO (HEA)

Instalación que produce acero a partir de las chatarras. Esto puede ser complementado por otros insumos como el hierro de reducción directa y el arrabio. La fabricación de hierro por medio de los hornos de oxígeno básico (convertidor) representa el resto de la producción. El horno eléctrico de arco es un recipiente refractario con una cubierta replegable a través de la cual son depositados electrodos de grafito tras la carga de las chatarras a lo que sigue el cierre de la cubierta del horno. Con frecuencia se emplean hornos con 60-150 toneladas de capacidad por fundido, pero en ocasiones pueden ser mayores. Sin embargo, generalmente son menores que los convertidores de soplado con oxígeno. El fundido ocurre gracias a la energía liberada por el arco eléctrico formado entre los electrodos y la chatarra.

LIXIVIACIÓN

Proceso físico-químico por el cual las sustancias solubles de un determinado material se transfieren a una fase líquida (habitualmente agua) en contacto con dicho material.

MEZCLA BITUMINOSA

Combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos (incluido polvo mineral) y eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante. Aplicación ligada.

OPERADOR-VALORIZADOR

Agente que manipula, valoriza y comercializa el árido siderúrgico a partir de escoria de fusión de HEA. Cuando esté dentro de las instalaciones de la acería, será la acería la que provea la autorización medioambiental integrada, la cual llevará un anejo en el que quede reflejado el acuerdo entre la acería y el operador-valorizador.

PRODUCTOR DE ESCORIAS

Persona física o jurídica generadora de escorias como titular de una industria o actividad de fabricación de acero en hornos de arco eléctrico.

RELLENOS LOCALIZADOS

Unidad de obra civil consistente en la extensión y compactación de material granular en relleno de zanjas, trasdós de obras de fábrica, cimentación o apoyo de estribos o cualquier otra zona que por su reducida extensión, compromiso estructural u otra causa no permita la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleva a cabo la ejecución del resto de relleno, o bien exija unos cuidados especiales en su ejecución. Aplicación no ligada.

SUB-BASE DE CARRETERA

Capa del firme situada debajo de la base y sobre la explanada mejorada.

TERRAPLÉN

Unidad consistente en la extensión y compactación, por tongadas, de materiales granulares con la utilización de maquinaria pesada, para crear una plataforma sobre la que se asiente el firme de una carretera. Aplicación no ligada.

TRASDÓS (MURO, PASO INFERIOR, ESTRIBO, ETC.)

Cara trasera (oculta) del elemento en contacto con el terreno.

USUARIO DE ESCORIAS VALORIZADAS O ÁRIDOS SIDERÚRGICOS

Persona física o jurídica que utilice una escoria valorizada.

VALORIZACIÓN DE ESCORIAS DE FUSIÓN DE HEA

Aquel procedimiento aplicado bien por el productor de la escoria bien por un tercero, que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en las escorias y específicamente la obtención, a partir de las mismas, de materiales inorgánicos sustitutivos de los áridos naturales, y todo ello sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

VALORIZADOR DE ESCORIAS

Persona física o jurídica que lleve a cabo operaciones de valorización de escorias. Debe disponer de la autorización ambiental integrada. No tendrán la consideración de valorizadores los agentes definidos como usuarios de escorias valorizadas.

ZAHORRA

Material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de base en firmes de carreteras. Aplicación no ligada.

4

MADURACIÓN Y VALORIZACIÓN DE LAS ESCORIAS NEGRAS

El proceso de valorización de las escorias negras de HEA, que da lugar a su transformación en árido siderúrgico, consta de diversas etapas para garantizar la estabilidad volumétrica, calidades y tamaños del material granular resultante para su uso comercial en las diferentes aplicaciones.

Por su parte, el operador-valorizador ha de garantizar el cumplimiento de los siguientes criterios técnicos en el ámbito de operación de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

ALMACENAMIENTO DE LA ESCORIA NEGRA

Al objeto de evitar la contaminación de la escoria negra con otro tipo de subproductos siderúrgicos, se deberán asegurar espacios de acopio de escorias, suficientemente compartimentados, en las instalaciones siderúrgicas. Se habrá de establecer separación física suficiente entre acopios, tales que garanticen que la escoria blanca no entra en contacto con la escoria negra.

ESTABILIZACIÓN DE COMPUESTOS EXPANSIVOS CONTENIDOS EN LA ESCORIA NEGRA DE PARTIDA O PRODUCTOS SUBSIGUIENTES.

La estabilización de los compuestos potencialmente expansivos contenidos en la escoria negra de origen o áridos siderúrgicos subsiguientes se habrá de garantizar por medio de procesos de maduración o envejecimiento, bien de la escoria negra previa a su tratamiento, bien del árido siderúrgico resultante del proceso de tratamiento. Los procesos de maduración y envejecimiento pueden consistir en regado con agua, volteo del material acopiado, acopio en presencia de CO₂ atmosférico u otros procesos de carbonatación acelerada dirigidos a transformar los compuestos expansivos en carbonatos.



FIGURA 1. PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO Y MADURACIÓN DE ESCORIA NEGRA

El proceso de maduración o envejecimiento de la escoria negra o árido siderúrgico se llevará a cabo sobre capa impermeable. Se recomienda extender el material en una superficie amplia, sometiéndolo a ciclos de humectación-secado durante el tiempo necesario que garantice suficiente estabilización volumétrica de los compuestos expansivos (cal y magnesia libre), así como una disminución de la lixiviación de metales pesados de acuerdo a los requerimientos establecidos en los diferentes usos. El proceso de maduración o envejecimiento es principalmente efectivo durante los primeros 45 días, estabilizándose a partir de ese momento. Cabe destacar, asimismo, que un enfriamiento rápido de la escoria líquida induce una estructura porosa en el subsiguiente árido siderúrgico como consecuencia de una mayor presencia de burbujas de aire ocluido, mientras que un enfriamiento lento da lugar a estructuras más densas. Dicha porosidad determina la densidad y absorción de las partículas granulares obtenidas tras la valorización físico-mecánica de la escoria. Con todo, la porosidad es función de la cantidad de gases ocluidos en las escorias en estado líquido durante los procesos de espumado en el HEA.

Con todo, los periodos de maduración y envejecimiento podrán oscilar entre los 3 y 120 días, en función del tipo de escoria, el proceso de enfriamiento, el objetivo de expansión deseable para una determinada aplicación y el procedimiento de envejecimiento adoptado. En cualquier caso, el árido siderúrgico se considerará suficientemente estable si el valor de la expansión, determinado de acuerdo al apartado 19.3 de la UNE EN 1744, resulta ser adecuado para el uso propuesto.

En la siguiente tabla, Tabla 1, se recogen algunos valores de expansividad para determinados usos constructivos.

VALORES DE EXPANSIÓN PARA DETERMINADOS USOS				
ESCENARIO DE APLICACIÓN	APLICACIÓN	VALORES DE EXPANSIÓN ADMISIBLES	NORMA(N) RECOMENDACIÓN (R) SIN VALORES (0)	COMENTARIOS
APLICACIONES LIGADAS	Hormigón en masa estructural	<0,4%	R	Valores empíricos. Experiencias de construcción ya realizadas.
	Hormigón no estructural prefabricado	<0,4%	R	Valores empíricos. Experiencias de construcción ya realizadas.
	Hormigón no estructural de limpieza y relleno	<0,4%	R	Valores empíricos. Experiencias de construcción ya realizadas.
	Hormigón para carreteras (hormigón magro vibrado y hormigones para pavimentos)	0%	N: Norma UNE-EN 1744-1 (19.3)	PG3 art. 550.2.4.1 y 551.2.4.1
	Material tratado con cemento: gravacemento	-	0	Se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
	Mezclas bituminosas: - En caliente, - En frío, - Tratamientos superficiales con gravilla	<3,5%	N: Norma UNE-EN 1744-1 (19.3)	PG3 artículos 542 y 543 y Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del P.V., Anejo 3.
APLICACIONES NO LIGADAS BAJO COBERTURA NO TOTALMENTE IMPERMEABLE	Terraplenes y nivelación de terrenos (cimiento y núcleo)	<5%	N: Norma UNE 103601	PG3 art 330.4.4.2 Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del P.V.
	Coronaciones y zonas en talud (espaldones) de terraplenes	<3%	N: Norma UNE 103601	PG3 art 330.4.4.2
	Rellenos localizados o asimilables a terraplén	<3% <5%	N: Norma UNE 103601	Se distinguirán las mismas zonas que en los terraplenes, según el apartado 330.2 del PG3.
	Sub-balasto de vías férreas	-	0	Se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
APLICACIONES NO LIGADAS BAJO COBERTURA DE ALTA IMPERMEABILIZACIÓN	Zahorras artificiales para: - Explanadas mejoradas - Terraplenes excepto zonas expuestas de talud - Espaldones de terraplenes - Rellenos localizados	<5%	N: Norma UNE-EN 1744-1 (19.3)	PG3 art 510 Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del P.V., Anejo 4. Se establecerán además las limitaciones relativas a la norma UNE 103601 sobre hinchamiento libre de suelos (ver apartados anteriores).
	Proyectos de urbanización	-	0	Se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Se establecerán los valores en función de las aplicaciones definidas anteriormente.
	Rellenos localizados (interior de cajones de hormigón cerrados)	-	R	Se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

TABLA 1. VALORES DE EXPANSIÓN PARA DETERMINADOS USOS

MACHAQUEO

La escoria se triturará utilizando cualquier tecnología de machaqueo que garantice tamaños adecuados, caras de fractura y mayor optimización de la eliminación de elementos metálicos embebidos en la escoria primigenia. El producto de machaqueo tendrá que respetar la granulometría requerida en cada uso.



FIGURA 2. ALIMENTACIÓN Y MACHAQUEO DE LA ESCORIA NEGRA

DESFERRETIZACIÓN

Al menos debe existir 1 sistema de desferretización. Se recomienda instalar imanes en al menos 2 etapas del proceso de tratamiento de la escoria negra, al objeto de extraer el máximo contenido de hierro metálico, y, en los casos necesarios, mesas densimétricas.



FIGURA 3. SEPARACIÓN DE FRACCIONES METÁLICAS

CRIBADO

El material granular se transportará a través de cintas hasta las cribas, clasificándose por tamaños, de acuerdo a los usos comerciales requeridos por el mercado.



FIGURA 4. SISTEMAS DE CRIBAS DE MATERIAL GRANULAR PROCEDENTE DEL TRATAMIENTO DE ESCORIA

ACOPIO DIFERENCIADO POR FRACCIONES DE MATERIAL GRANULAR SIDERÚRGICO

El material granular se clasificará atendiendo a fracciones granulométricas diferenciadas, en función de los usos comerciales declarados por el operador-valorizador. Dichas fracciones granulométricas se acopiarán sobre capa impermeable.



FIGURA 5. ACOPIO DE FRACCIONES DIFERENCIADAS DE ÁRIDO SIDERÚRGICO SOBRE CAPA IMPERMEABLE

CARACTERIZACIÓN DEL ÁRIDO SIDERÚRGICO

Paso previo a la expedición del árido siderúrgico, procedente del tratamiento de la escoria negra, el operador-valorizador deberá determinar el potencial de lixiviación, contenido total en metales pesados y expansividad, atendiendo a los criterios establecidos en el decreto 64/2019. Los valores prescritos en el decreto 64/2019 lo serán sin perjuicio del cumplimiento de los requisitos técnicos de las aplicaciones atendiendo al uso final al que aquellas se destinen.

5

ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE LOS ÁRIDOS SIDERÚRGICOS

El Decreto 64/2019 regula la valorización de escorias negras procedentes de la fabricación de acero en hornos de arco eléctrico, estableciendo la relación de usos para los que las mismas se consideran aptas, una vez transformadas en áridos siderúrgicos, si bien tal relación de usos se establece desde una valoración exclusivamente medioambiental. Por ello, la utilización final de las escorias valorizadas debe ajustarse, también, a los requisitos técnicos de carácter constructivo y a aquellos otros que pudieran resultar de aplicación en función del destino final propuesto. En consecuencia, no se excluye, en su caso, el pronunciamiento de otros órganos competentes en la materia.

Las entidades usuarias finales del árido siderúrgico, además del resto de las obligaciones establecidas en el Decreto 64/2019, deberán cumplir con las siguientes obligaciones:

- a. Utilizar árido siderúrgico que proceda exclusivamente de instalaciones de valorización autorizadas.
- b. Disponer de la documentación acreditativa del cumplimiento de las condiciones ambientales según lo descrito en el Decreto, así como la correspondiente al marcado CE del árido siderúrgico.
- c. Utilizar el árido siderúrgico conforme a los usos establecidos en el Decreto.
- d. Facilitar al suministrador de árido siderúrgico información en relación a los usos concretos que se vayan a dar a los áridos siderúrgicos.
- e. Incorporar, en su caso, información relativa a la utilización de áridos siderúrgicos a la documentación técnica de la obra en los términos que establezca la normativa sectorial que regula la misma.

Los escenarios contemplados como admitidos para la utilización de áridos siderúrgicos, además de los que se destinen como materia prima en otros procesos de fabricación industrial (fabricación de cemento, lana de roca, etc) en la CAPV se describen a continuación agrupados en 3 posibles categorías, siempre bajo la consideración de los criterios ambientales de aceptación descritos en el decreto 64/2019. Los casos consideran, por un lado, aplicaciones ligadas (escenario 1); por otro, aplicaciones no ligadas, las cuales se abordarán bajo dos escenarios posibles (escenario 2 y 3), que estarán asociados a los índices de lixiviación del material y a las condiciones de uso (impermeabilización) requeridas.

ESCENARIO 1. APLICACIONES LIGADAS

Uso de los materiales granulares mezclados con cualquier tipo de conglomerante que confiere cohesión al conjunto encapsulando los áridos dentro de una matriz inorgánica, donde su exposición al medio y la liberación de componentes se consideran nulas o despreciables:

1.- Hormigón estructural:

- Hormigón estructural
- Hormigón preparado
- Prefabricados de hormigón: bloques, bordillos, pavimentos, barreras, tuberías, etc.
- Cajones de hormigón para diques portuarios

2.- Hormigón no estructural:

- Hormigón de limpieza
- Hormigón de relleno

3.- Hormigón para carreteras:

- Pavimentos de hormigón: capa inferior de pavimentos bicapa
- Hormigón magro vibrado

4.- Material tratado con cemento:

- Gravacemento (escoria cemento)

5.- Mezclas bituminosas en caliente:

- Hormigón bituminoso
- Mezclas bituminosas para capa de rodadura
- Mezclas drenantes y mezclas discontinuas

6.- Mezclas bituminosas en frío.

7.- Tratamientos superficiales con gravilla.

8.- Morteros

ESCENARIO 2. APLICACIONES NO LIGADAS BAJO COBERTURA NO TOTALMENTE IMPERMEABLE

Uso de materiales granulares compactados en capas para la ejecución de diversas unidades de obra civil, sin que se adicione conglomerante alguno, bajo coberturas de materiales no totalmente impermeables, según lo descrito en la tabla 1 del anexo II del decreto 64/2019.

1.- Zonas en talud (espaldones) de terraplenes.

2.- Rellenos localizados o asimilables a terraplén bajo cobertura no muy impermeable.

- Rellenos en trasdós de obras de fábrica
- Relleno en trasdós de muro de contención
- Rellenos para cubrición de vertederos y pistas provisionales en su interior
- Rellenos para cubrición de tuberías
- Nivelación de terrenos y terraplenes

3.- Sub-balasto de vías férreas.

4.- Apantallamientos sónicos para estructuras viarias.

ESCENARIO 3. APLICACIONES NO LIGADAS BAJO COBERTURA TOTALMENTE IMPERMEABLE

Uso de materiales granulares compactados en capas para la ejecución de diversas unidades de obra civil, sin que se adicione conglomerante alguno. Este escenario exigirá el uso de coberturas que garanticen una alta impermeabilización, según lo descrito en la tabla 1 del anexo II del decreto 64/2019.

1.- Zahorras artificiales.

2.- Bases/subbases de vías peatonales, ciclistas y pistas deportivas.

3.- Explanadas mejoradas.

4.- Terraplenes, excepto zonas expuestas de talud (incluso cuando tengan coberturas de tierra natural).

5.- Zonas en talud (espaldones) de terraplenes.

6.- Rellenos localizados bajo cobertura de alta impermeabilización.

- Rellenos de zanjas, cubrición de tuberías y rellenos de nivelación bajo aceras
- Encachados bajo soleras
- Relleno de trasdós de muros de pasos inferiores
- Relleno de trasdós estribos de puentes
- Relleno de trasdós de muro de sostenimiento (bajo calzada)
- Relleno de trasdós de muro de contención
- Relleno interior de cajones de hormigón cerrados

7.- Proyectos de urbanización

Los áridos siderúrgicos se podrán emplear en la cubrición de vertederos y en la construcción de pistas provisionales en su interior. Dichos áridos deberán cumplir las condiciones de aceptación de residuos en función de la clase de vertedero de que se trate.

6

DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE LOS ÁRIDOS SIDERÚRGICOS

Se describen a continuación los diferentes escenarios contemplados como admitidos para la utilización de áridos siderúrgicos en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Estos escenarios están agrupados en tres posibles categorías, siempre bajo la consideración de los criterios ambientales de aceptación establecidos en el Decreto 64/2019. Los casos consideran, por un lado, aplicaciones ligadas (escenario 1); por otro, aplicaciones no ligadas, las cuales se abordarán bajo dos escenarios posibles (escenario 2 y 3), que estarán asociados a los índices de lixiviación del material y a las condiciones de uso (impermeabilización) requeridas.

Las diferentes unidades de obra expuestas a continuación se definen sobre la base de enunciados técnicos recogidos en la EHE-08, PG-3, Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco, PF-7 y Eurocódigo 2.

ESCENARIO 1. APLICACIONES LIGADAS

Se incluyen en este escenario todos aquellos usos en los que el árido forme parte de matrices ligadas con cemento, betún u otros conglomerantes, donde su exposición al medio y la liberación de componentes se consideran nulas o despreciables.

1. HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Se define como hormigón al material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añaden partículas de un agregado, agua y aditivos específicos.

El hormigón estructural es el utilizado habitualmente en la ejecución de cualquier tipo de estructura, bien sea de obra civil o de edificación. Su dosificación, fabricación, amasado, transporte así como su control de calidad, vienen definidos por las prescripciones de la instrucción EHE 08-REAL DECRETO 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

a. Hormigón preparado

Se denomina hormigón preparado a aquel que se fabrica en una central que no pertenece a las instalaciones propias de la obra y que está inscrita en el estandando dicha inscripción a disposición del peticionario y de las Administraciones competentes. Al estar fabricado en una central fija, este tipo de hormigón posee características específicas y controladas evitando así problemas derivados de la fabricación en obra (problemas de homogeneización, malas dosificaciones...).

Los áridos siderúrgicos se podrán utilizar en forma de árido grueso y árido fino o combinaciones de estas con áridos naturales o artificiales siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del artículo 28 de la EHE-08. De acuerdo a la experiencia existente se recomienda garantizar valores de expansión del árido siderúrgico, determinados de acuerdo al apartado 19.3 de la UNE EN 1744, inferiores al 0,5%.

b. Prefabricados de hormigón: bloques, bordillos, pavimentos, barreras, tuberías, etc.

Se define como producto prefabricado de hormigón todo aquel elemento de dicho material que es ejecutado en una fábrica o lugar diferente del emplazamiento definitivo de la estructura, protegido de condiciones climáticas desfavorables y bajo un proceso industrial de control de producción definido.

Los áridos siderúrgicos se podrán utilizar, para la fabricación del hormigón, en forma de árido grueso y árido fino o combinaciones de estas con áridos naturales o artificiales siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del Artículo 28 de la EHE-08. De acuerdo a la experiencia existente se recomienda garantizar valores de expansión del árido siderúrgico, determinados de acuerdo al apartado 19.3 de la UNE-EN 1744, inferiores al 0,3%.

c. Cajones de hormigón para diques portuarios

Los cajones flotantes son estructuras de hormigón armado de planta habitualmente rectangular, aligeradas mediante celdas verticales de diferentes formas geométricas; mayoritariamente circulares o cuadrangulares. Las infraestructuras típicas que emplean este tipo de cajones son los muelles y otras estructuras de atraque, los diques de abrigo verticales y los diques especiales tipo flotante.

Los áridos siderúrgicos se podrán utilizar, para la fabricación del hormigón, en forma de árido grueso y árido fino o combinaciones de estas con áridos naturales o artificiales siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del artículo 28 de la EHE-08. De acuerdo a la experiencia existente se recomienda garantizar valores de expansión del árido siderúrgico, determinados de acuerdo al apartado 19.3 de la UNE-EN 1744, inferiores al 0,3%.

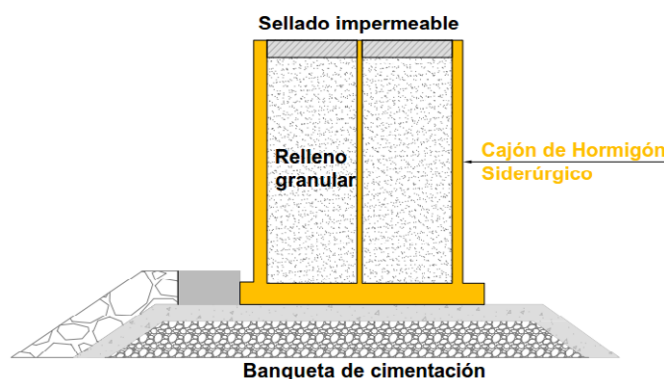


FIGURA 6. CAJONES DE HORMIGÓN PARA DIQUES PORTUARIOS.

2. HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL: HORMIGONES DE LIMPIEZA, DE NIVELACIÓN, CUNETAS, ETC.

Se definen como hormigones de uso no estructural aquellos hormigones que no aportan responsabilidad estructural a la construcción, si bien colaboran en mejorar las condiciones durables del hormigón estructural o que aportan el volumen necesario de un material resistente para conformar la geometría requerida para un fin determinado. Estos hormigones se pueden clasificar en dos clases principales:

a. Hormigón de limpieza

Es un hormigón que tiene como fin evitar la desecación del hormigón estructural durante su vertido, así como una posible contaminación de éste durante las primeras horas de su hormigonado. Para ello, se dispone una capa de hormigón pobre, directamente sobre el terreno, de unos 10 cm de espesor, que permite dotar de rigidez, limpieza, uniformidad y nivelación adecuada a la superficie inferior de la cimentación. El hormigonado del hormigón estructural del elemento en cuestión se hace contra el hormigón de limpieza.

Los áridos siderúrgicos se podrán utilizar en forma de árido grueso y árido fino o combinaciones de estas con áridos naturales o artificiales siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del artículo 28 de la EHE-08. Se recomienda garantizar valores de expansión del árido siderúrgico, determinados de acuerdo al apartado 19.3 de la UNE-EN 1744, inferiores al 0,5%. El hormigón siderúrgico de limpieza se empleará directamente sobre el terreno natural, con un espesor de unos 10 cm y servirá de base para hormigones estructurales como losas de cimentación, zapatas, etc.

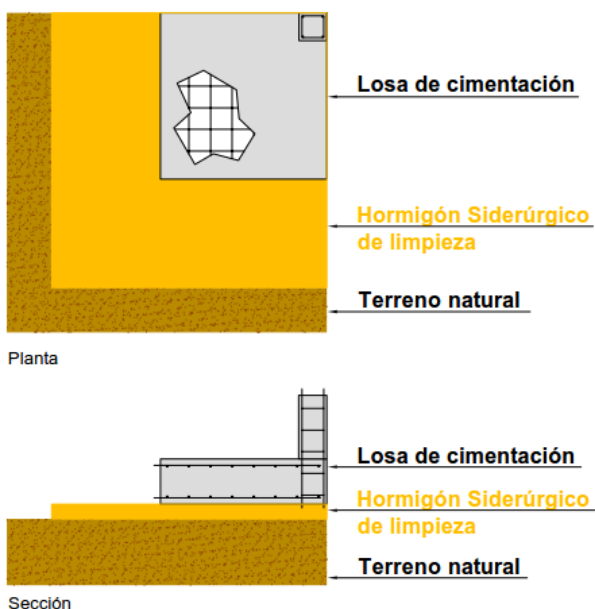


FIGURA 7. HORMIGÓN DE LIMPIEZA BAJO ZAPATA.

b. Hormigón de relleno

Hormigón que tiene como fin conformar volúmenes de material resistente. Ejemplos de éstos son los hormigones para aceras, hormigones para bordillos y los hormigones de relleno. Los áridos siderúrgicos se podrán utilizar en forma de árido grueso y árido fino o combinaciones de estas con áridos naturales o artificiales siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del Artículo 28 de la EHE-08. Se recomienda garantizar valores de expansión del árido siderúrgico, determinados de acuerdo al apartado 19.3 de la UNE-EN 1744, inferiores al 0,5%.

Estos hormigones irán situados directamente sobre el terreno natural o sobre tierras de excavación y serán empleados como base de pavimentos, relleno de trasdós de muros, relleno de envolvente en zanjas para instalaciones, etc.

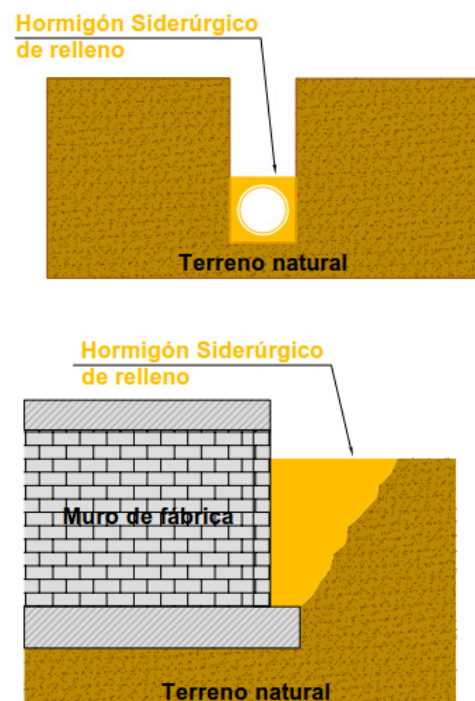


FIGURA 8. HORMIGÓN DE RELLENO NO ESTRUCTURAL EN ZANJAS Y EN TRASDÓS DE MUROS DE FÁBRICA.

3. HORMIGÓN PARA CARRETERAS

a. Pavimentos de hormigón: capa inferior de pavimentos bicapa

Se define como pavimento de hormigón el constituido por un conjunto de losas de hormigón en masa separadas mediante juntas transversales, o por una losa continua de hormigón armado. En ambos casos, eventualmente dotados de juntas longitudinales. Los espesores estarán comprendidos entre 23 y 25cm en función del tipo de carretera. En dicho pavimento el hormigón se coloca en obra con una consistencia tal, que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación, así como maquinaria específica para su extensión y acabado superficial. Estos pavimentos pueden construirse en una sola capa o en dos capas, de forma sucesiva entre sí, con un desfase lo más reducido posible a fin de garantizar su adherencia.

En los hormigones empleados para la capa inferior de pavimentos bicapa, se podrán utilizar áridos siderúrgicos en cumplimiento del .Se deberán cumplir las prescripciones técnicas exigidas en dicho artículo y se deberá declarar el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias. Para el empleo de áridos siderúrgicos, se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación, así como los valores de expansión máximos permitidos, estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Los áridos siderúrgicos deberán cumplir además con las especificaciones del artículo 28 de la EHE-08.

Este tipo de hormigones se emplearán sobre la base de hormigón magro y bajo la capa superior de pavimentos rígidos de hormigón bicapa. El espesor total del pavimento estará comprendido entre 23 y 25cm en función del tipo de carretera.

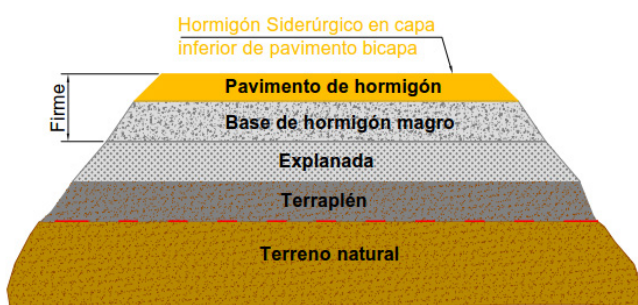


FIGURA 9. CAPAS INFERIORES DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN BICAPA.

b. Hormigón magro vibrado

Se define como hormigón magro vibrado la mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimentos rígidos de hormigón o adoquines, que se coloca en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación.

Se podrán utilizar áridos siderúrgicos para la fabricación de hormigón magro vibrado en cumplimiento del . Se deberán cumplir las prescripciones técnicas exigidas en dicho artículo y se deberá declarar el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias. Para el empleo de áridos siderúrgicos, se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación, así como los valores de expansión máximos permitidos, estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Los áridos siderúrgicos deberán cumplir además con las especificaciones del artículo 28 de la EHE-08.

Se aplicará este tipo de hormigón directamente sobre la subbase o la explanada “en función de la categoría de tráfico” y se pueden disponer láminas de plástico entre las bases de hormigón magro y el pavimento de hormigón (al no existir adherencia, impide la reflexión de grietas de retracción) o una capa granular entre el hormigón magro y los adoquines. Los espesores serán de un máximo de 15 cm.

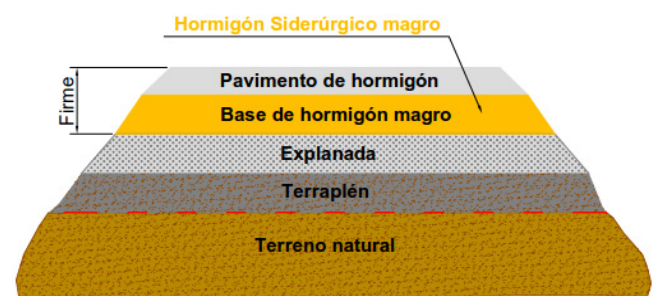


FIGURA 10. HORMIGÓN MAGRO VIBRADO EN BASES DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN.

4. MATERIAL TRATADO CON CEMENTO: GRAVACIMIENTO (ESCORIA CEMENTO)

Se define como material tratado con cemento a la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas, de material granular, cemento, agua y, eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada, se utiliza como capa estructural en firmes de carretera (base y/o subbase). Dependiendo del material granular utilizado se distinguen dos tipos de materiales tratados con cemento: suelocemento y gravacemento.

Se podrán utilizar áridos siderúrgicos en la fabricación de gravacimientos en cumplimiento del, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en este artículo, y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias. Para el empleo de estos materiales se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En este caso particular, en el que se utiliza árido siderúrgico de escoria negra de acería, se denominará al material como escoria cemento. Este material se fabrica, pone en obra, compacta y termina de forma análoga a la gravacemento. Se utiliza como capa estructural en firmes de carretera en bases y/o subbases situadas justo debajo del pavimento y sobre la explanada. Los espesores de la tongada compactada estarán comprendidos entre 20 y 25 cm.

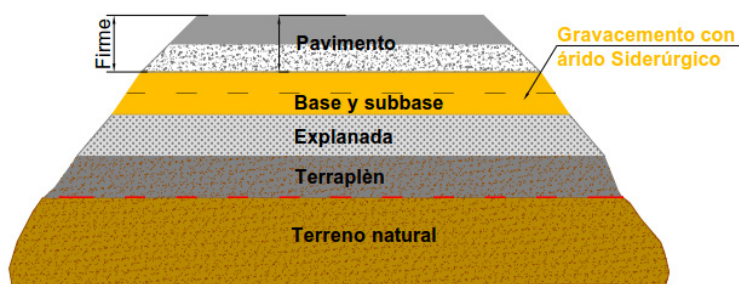


FIGURA 11. GRAVACIMIENTO CON ÁRIDO SIDERÚRGICO (ESCORIA CEMENTO) EN BASES Y/O SUBBASES DE CARRETERAS.

5. MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

Se define como mezcla bituminosa en caliente la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos (incluido el polvo mineral) y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante.

a. Hormigón bituminoso

Se define como mezcla bituminosa tipo hormigón bituminoso la combinación de un betún asfáltico, áridos con granulometría continua, polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante, cuyo proceso de fabricación y puesta en obra deben realizarse a una temperatura muy superior a la del ambiente. En función de la temperatura necesaria para su fabricación y puesta en obra las mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso se clasifican en calientes y semicalientes.

En la fabricación de hormigones bituminosos se podrán utilizar áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico como árido grueso y árido fino o combinaciones de estas con áridos naturales o artificiales siempre que el material combinado cumpla las prescripciones técnicas exigidas en el artículo que se incluye en el Anejo 3 “Áridos siderúrgicos de horno eléctrico para mezclas bituminosas” de la “Norma de dimensionamiento de firmes del País Vasco” y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias.

Las mezclas bituminosas fabricadas con áridos siderúrgicos de horno eléctrico deben cumplir las prescripciones de los correspondientes artículos 542 y 543 del Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 vigente o, en su caso, con las prescripciones técnicas particulares para mezclas bituminosas que acompañen al proyecto.

Los áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua. El árido siderúrgico procedente de la valorización de escorias de horno de arco eléctrico deberá presentar una expansividad inferior al 3,5% (categoría V3,5) según la norma UNE-EN 1744-1.

La duración del ensayo será de ciento sesenta y ocho horas (168 h). Además, el resultado del índice IGE según la Norma NLT- 361 será inferior al 1%. El contenido de cal libre del árido siderúrgico debe ser inferior al 0,5%, determinado según la Norma UNE-EN 1744-1.

El hormigón bituminoso se empleará en las capas inferiores del pavimento (capa base y capa intermedia) justo debajo de la capa de rodadura y encima de la capa base. La capa base tendrá espesores comprendidos entre 5 y 10 cm y la capa de rodadura entre 7 y 15 cm.

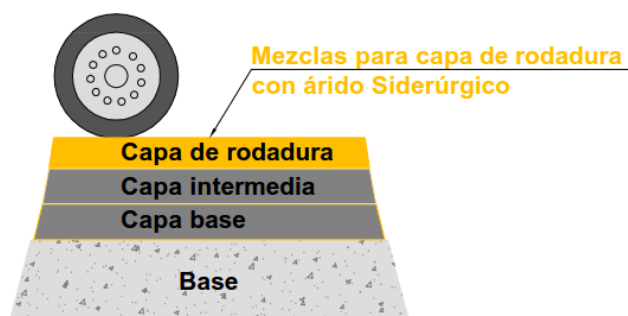


FIGURA 12. HORMIGÓN BITUMINOSO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

b. Mezclas bituminosas para capa de rodadura

Se definen como mezclas bituminosas para capa de rodadura aquellas resultantes de la combinación de un betún asfáltico, áridos en granulometría continua con bajas proporciones de árido fino o con discontinuidad granulométrica en algunos tamices, polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante, cuyo proceso de fabricación y puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la del ambiente.

En función de su granulometría las mezclas bituminosas para capa de rodadura se clasifican, a su vez, en drenantes y discontinuas. Las mezclas bituminosas drenantes son aquellas que, por su baja proporción de árido fino, presentan un contenido muy alto de huecos interconectados que le proporcionan sus características drenantes, pudiéndose emplear en capas de rodadura de cuatro a cinco centímetros (4 a 5 cm) de espesor.

Las mezclas bituminosas discontinuas son aquellas cuyos áridos presentan una discontinuidad granulométrica muy acentuada en los tamaños inferiores del árido grueso, que se utilizan para capas de rodadura en espesores reducidos de dos a tres centímetros (2 a 3 cm), y cuyo tamaño máximo del árido no supera los once milímetros (< 11 mm).

Se aplicarán las mismas especificaciones para el uso de árido siderúrgico que en el caso del hormigón bituminoso.

Las mezclas bituminosas para capas de rodadura se dispondrán en la capa superior del pavimento, soportando directamente las solicitaciones del tráfico. La capa de rodadura tendrá espesores reducidos de entre 4 y 5 cm, contiene los materiales de mayor calidad del pavimento y su función es dotar a la carretera de las mejores propiedades de rodadura y antideslizantes.

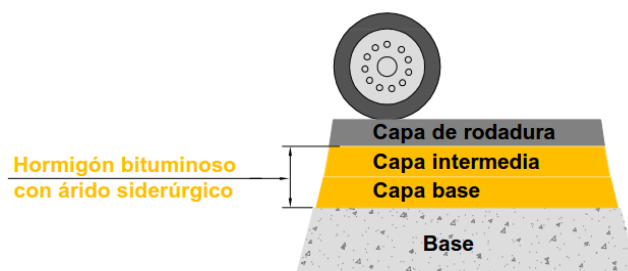


FIGURA 13. MEZCLAS BITUMINOSAS PARA CAPAS DE RODADURA.

6. MEZCLAS BITUMINOSAS EN FRÍO

Se define como mezcla bituminosa en frío la combinación de áridos y un ligante bituminoso para la cual no es preciso calentar previamente los áridos. La mezcla se extenderá y compactará a la temperatura ambiente.

Se aplicarán las mismas especificaciones para el uso de árido siderúrgico que en el caso de las mezclas bituminosas en caliente.

La mezcla bituminosa se repartirá, de arriba a abajo, en una capa de rodadura, una capa intermedia, y una o más capas de bases (ver apartados anteriores). El espesor de la capa inferior será siempre mayor o igual al de la capa inmediata superior y, en general, se tenderá a proyectar el menor número posible de capas o tongadas.

7. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON GRAVILLA

Los tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla tienen por objeto proporcionar una textura adecuada para la circulación de los vehículos e impermeabilizar el firme, sin que aporten directamente un incremento en la capacidad estructural.

Los áridos siderúrgicos podrán utilizarse en tratamientos superficiales para todas las categorías de tráfico pesado, tanto en la calzada como en los arcenes, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estos materiales. Para el empleo de estos materiales se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación, así como valores admisibles de expansión, estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Se situarán en la parte más superficial del firme de carreteras.

ESCENARIO 2. APLICACIONES NO LIGADAS BAJO COBERTURA NO TOTALMENTE IMPERMEABLE

Para aplicaciones no ligadas bajo cobertura no totalmente impermeable se podrán utilizar áridos siderúrgicos de escorias negras de acería, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en el decreto 64/2019, y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias.

Para el empleo de estos materiales se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

1. ZONAS EN TALUD (ESPALDONES) DE TERRAPLENES

Se define como terraplén al relleno formado por extensión y compactación de suelos por encima del terreno natural con el que se constituye el cimiento del firme. Está constituido por el núcleo del terraplén, la coronación, los espaldones y la explanada mejorada.

Los espaldones corresponden a la parte exterior de un relleno tipo terraplén, que constituirá o formará parte de los taludes del mismo. No se considerarán parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno entre los que se consideran, plantaciones, cubierta de tierra vegetal, encachados, protecciones antierosión, etc.

Las zonas en talud (espaldones) se sitúan en la parte exterior del relleno tipo terraplén. Se utilizarán áridos siderúrgicos de escorias negras de acería siempre y cuando se asegure una cierta limitación de infiltración. En estos casos, los espaldones evitarán parcialmente la infiltración de agua, bien por el propio tipo de material, bien mediante la adopción de medidas complementarias. Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

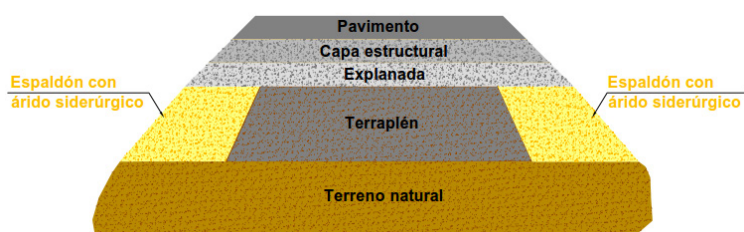


FIGURA 14. ESPALDONES DE TERRAPLENES.

2. RELLENOS LOCALIZADOS O ASIMILABLES A TERRAPLÉN BAJO COBERTURA NO MUY IMPERMEABLE

a. Rellenos en trasdós de obras de fábrica

Extensión y compactación de rellenos, procedentes de excavaciones o préstamos, localizados en trasdós de obras de fábrica en el que por su reducida extensión, compromiso estructural u otra causa, no permite la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleva a cabo la ejecución de otros tipos de rellenos, o bien exija unos cuidados especiales en su construcción.

Los rellenos localizados irán situados directamente entre el terreno natural o tierras de excavación y los muros de obras de fábrica y carecerán de cualquier tipo de misión drenante. Se interpondrá una capa de material granular compactado sobre el relleno de árido siderúrgico a modo de "semi" barrera para limitar la infiltración. Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

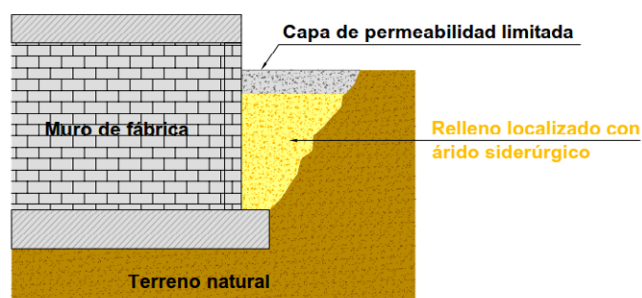


FIGURA 15. RELLENO EN TRASDÓS DE OBRAS DE FÁBRICA.

b. Relleno en trasdós de muro de contención

Los muros de contención son aquellas estructuras que se utilizan para la contención de tierras o terrenos inestables cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía.

La extensión, espesores de tongada y compactado se efectuarán de acuerdo al artículo 332 del PG3. Se interpondrá una capa de material granular compactado sobre el relleno de árido siderúrgico a modo de "semi" barrera para limitar la infiltración. Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

Los rellenos localizados con árido siderúrgico irán situados directamente entre el terreno natural o tierras de excavación y los muros de obras de fábrica y carecerán de cualquier tipo de misión drenante.

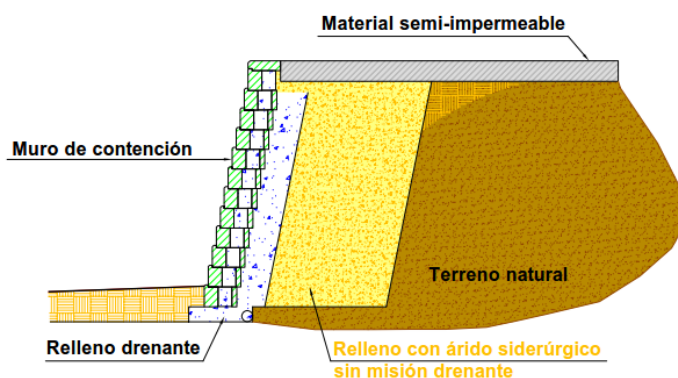


FIGURA 16. RELLENO DE TRASDÓS DE MURO DE CONTENCIÓN.

c. Rellenos para cubrición de vertederos y pistas provisionales en su interior

Un vertedero controlado consiste en la deposición ordenada de residuos sólidos en lugares preparados para tal fin. Deberán cumplir las disposiciones legales vigentes en cuanto a regulación, control y autorizaciones.

La principal función de los vertederos controlados es la eliminación de residuos complejos en condiciones tales que se minimizan o desaparecen los posibles efectos negativos sobre el entorno.

Para preparar la zona de vertido es necesario realizar una serie de operaciones que permitan dejar el terreno en condiciones de recibir los

residuos. Una vez que se acaba la vida útil de un vertedero, se procede a la recuperación de la zona ocupada. Una de las etapas de la recuperación consiste en el sellado del vertedero, con el fin de interponer una barrera para aislar los residuos, evitar la filtración de las aguas fluviales y cerrar el paso de la salida de los gases evacuados a través del sistema de extracción de los gases. Incluye la revegetación de la superficie.

Las pistas provisionales en el interior del vertedero tendrán como misión facilitar el acceso a las zonas de descarga de residuos que estén en ese momento en explotación.

La utilización de rellenos con áridos siderúrgicos se limitan a usos de poco valor añadido en el caso de cubriciones para vertederos y pistas provisionales para el paso de vehículos en el interior de los mismos.

En el caso de la cubrición de los vertederos, los rellenos con árido siderúrgico podrán ir situados en la capa de regularización, directamente sobre el vertido de residuos y bajo las diferentes capas que garantizan la impermeabilización parcial o total del vertedero. Los espesores de esta capa, la expansión del árido siderúrgico y la compactación del relleno vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto de vertedero.

Las pistas provisionales en el interior del vertedero podrán ejecutarse con rellenos conteniendo áridos siderúrgicos en cualquiera de sus capas puesto que las zonas de vertido han sido preparadas con anterioridad para garantizar la impermeabilización del vaso de vertido, el drenaje y la recogida de los lixiviados para su control y posterior tratamiento.



FIGURA 17: CAPAS DE CUBRICIÓN DE VERTEDEROS.

d. Rellenos para cubrición de tuberías

Formación de relleno de zanjas en las que se alojan las instalaciones. Se realiza para ello un relleno envolvente de las mismas y una compactación en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo mediante equipo manual formado por bandeja vibrante, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE-EN 103501.

No se consideran incluidos dentro de esta unidad los rellenos localizados de material con misión específica drenante, a los que hace referencia el artículo 421 del PG-3.

Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

Los rellenos realizados con áridos siderúrgicos de escoria negra de acería se localizarán directamente sobre el terreno natural o sobre capa base material granular y bajo coberturas que aseguren una impermeabilización parcial o total.

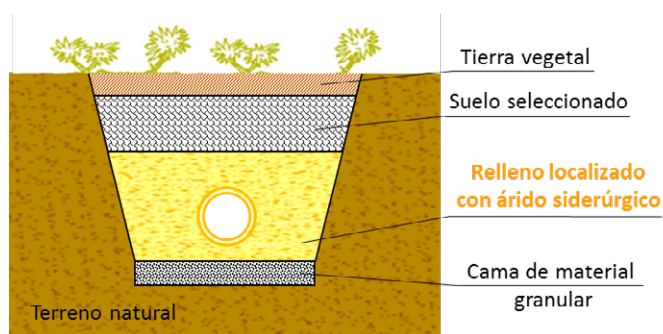


FIGURA 18: CUBRICIÓN DE TUBERÍAS BAJO COBERTURA DE IMPERMEABILIZACIÓN PARCIAL.

e. Nivelación de terrenos y terraplenes

Las nivelaciones consisten en la operación de determinar una cota taquimétrica del terreno u obra, conociendo previamente una cota inicial o de salida. Las nivelaciones servirán para resolver las diferencias altimétricas, para definir cotas de obra de plataformas, nivelación de explanaciones y terraplenes destinados a carreteras, diques, escolleras, pistas aeroportuarias, soleras, etc. Podríamos entender la explanación como la operación de movimiento de tierras a efectuar con el objetivo de convertir la superficie de un terreno en un plano horizontal o inclinado.

Se entiende por terraplén al relleno formado por extensión y compactación de suelos por encima del terreno natural con el que se constituye el cimiento del firme u otras plataformas, constituido por el núcleo del terraplén y por la explanada mejorada.

Se adoptarán las consideraciones relativas a zehorras artificiales en cuanto al uso del árido siderúrgico de escoria negra de acería en obras de nivelación de terrenos y en terraplenes, debiendo presentar valores de expansión inferiores al 5% definidos según la Norma UNE-EN 1744-1.

En el caso de los terraplenes, los rellenos de nivelación con árido siderúrgico irán situados en la capa de coronación. En el caso de no interponer un firme totalmente impermeable por encima de la rasante del terraplén, se podrán utilizar áridos siderúrgicos siempre y cuando se asegure una cierta limitación de infiltración, bien por el propio tipo de material del firme, bien mediante la adopción de medidas complementarias.

En el caso de terrenos de nivelación, se adoptarán las mismas consideraciones en cuanto al uso de los áridos siderúrgicos. Podrán emplearse directamente sobre el terreno natural y se adoptarán las medidas necesarias para asegurar una cierta limitación de infiltración.

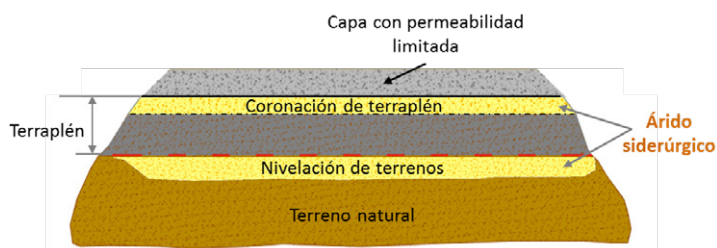


FIGURA 19: NIVELACIÓN DE TERRENOS Y TERRAPLENES.

3. SUB-BALASTO DE VÍAS FÉRREAS

Consiste en una capa situada por debajo de la banqueta de balasto y sobre la capa de forma de la vía de modo que se asegure el buen comportamiento de la vía férrea desde el punto de vista de su rigidez, alineación, nivelación y drenaje. El sub-balasto debe estar formado por una grava arenosa bien graduada, con algún porcentaje de elementos finos para que sea compactable, no se desligue bajo el tráfico de las máquinas durante la obra, sea insensible al hielo y proteja la plataforma de la erosión de las aguas de lluvia. Según la norma UNE-EN 933-5:1999, el 100% de las partículas retenidas por el tamiz 4 deberán ser procedentes de machaqueo.

El sub-balasto con árido siderúrgico se dispondrá entre la capa de forma de la vía férrea y la capa de balasto que corona la vía. Se utilizarán áridos siderúrgicos siempre y cuando se asegure una cierta limitación de infiltración, bien por el propio tipo de material, bien mediante la adopción de medidas complementarias. Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

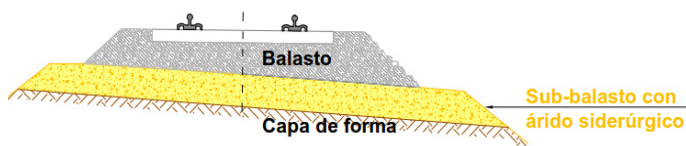


FIGURA 20. SUB-BALASTO DE VÍAS FÉRREAS.

4. APANTALLAMIENTOS SÓNICOS PARA ESTRUCTURAS VIARIAS

Se entiende por apantallamiento sónico o barrera/pantalla acústica, aquellas estructuras o elementos exteriores diseñados para reducir la contaminación acústica. Estos dispositivos son métodos efectivos de mitigación acústica que por su situación y características protegen del ruido proveniente de una determinada fuente sonora (carreteras, vías férreas e industriales) a un determinado receptor, dificultando la transmisión del sonido.

Existen diferentes tipos de apantallamientos como pueden ser:

- Diques o taludes de tierra: Obstáculos formados por amontonamiento de tierra con grandes espesores en la base. Generalmente se suelen recubrir con tierra vegetal u otros elementos para facilitar la revegetación y crecimiento de plantas.
- Pantallas vegetales: Están constituidas por masas de vegetaciones perennes, muy densas e implantadas en una banda de anchura considerable.
- Pantallas acústicas: Muros o barreras constituidas por elementos de pared relativamente delgada, verticales o inclinados. Las pantallas pueden de elementos metálicos, hormigón, madera, vidrio, materiales plásticos, materiales cerámicos, etc...

Se podrán utilizar áridos siderúrgicos de escorias de acería como relleno para la formación de diques de o taludes de tierra. Estos rellenos irán colocados directamente sobre el terreno natural y se interpondrá una capa de material granular compactado sobre el árido siderúrgico a modo de "semi" barrera, sobre la cual se colocará opcionalmente una capa de tierra natural y el sembrado/plantación correspondiente.

Los valores de expansión deberán ser definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

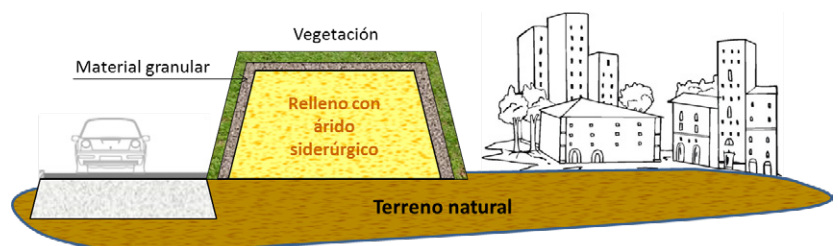


FIGURA 21: APANTALLAMIENTO SÓNICO EN FORMA DE DIQUE.

ESCENARIO 3. APLICACIONES NO LIGADAS BAJO COBERTURA DE ALTA IMPERMEABILIZACIÓN

Para aplicaciones no ligadas bajo cobertura de alta impermeabilización se podrán utilizar las escorias negras de acería como áridos siderúrgicos, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en el decreto 64/2019 y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias. Para el empleo de estos materiales se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

1. ZAHORRAS ARTIFICIALES

Se define como zahorra el material granular, de granulometría continua, constituido por partículas total o parcialmente trituradas, en la proporción mínima que se especifique en cada caso y que es utilizado como capa base y/o subbase estructural de firmes de carreteras.

Se tendrán en cuenta las siguientes limitaciones en la utilización de áridos siderúrgicos de escorias negras de acería:

- El espesor del conjunto de capas granulares y explanada mejorada realizadas con áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico no debe ser superior a 70 cm. Cuando la capa esté formada por una combinación de áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico y otros áridos este espesor se podrá corregir al alza en función del porcentaje de áridos siderúrgicos de acería.
- No se emplearán en zonas confinadas, como bases o subbases limitadas por bordillos. En trasdoses de puentes no se emplearán en los 50 m próximos a la estructura.
- No se podrán utilizar en carreteras inundables con un período de retorno de 100 años y que se especifican en el Plan Integral de Prevención de Inundaciones de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Las capas en las que se utilicen se deben drenar adecuadamente, evitando especialmente el estancamiento de agua en las mismas.

- Se debe estudiar la posible corrosión de elementos galvanizados o tuberías de aluminio localizados en las proximidades.

El árido siderúrgico deberá presentar valores de expansividad inferiores al 5% (categoría V5) definidos según la Norma UNE-EN 1744-1.

Las zahorras con áridos siderúrgicos irán localizadas en la capa estructural del firme de carreteras (capa base y/o subbase) sobre la explanada y bajo el pavimento que garantizará una cobertura de alta impermeabilización.

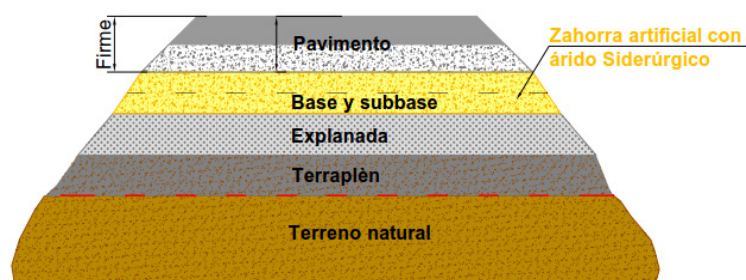


FIGURA 22. ZAHORRAS ARTIFICIALES.

2. BASES/SUBBASES DE VÍAS PEATONALES, CICLISTAS Y PISTAS DEPORTIVAS

Al igual que los firmes de carretera, los firmes para vías ciclistas, peatonales y pistas deportivas están constituidos por varias capas denominadas subbase, base y pavimento.

La base, Es la capa del firme situada debajo del pavimento. Su función es eminentemente resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales.

La subbase, es la capa del firme situada sobre la explanada. Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo. Para el correcto extendido y compactación de la subbase se deben cumplir las condiciones recogidas en el “Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes” (PG-3).

No obstante, en el caso de estas vías es frecuente que el firme esté formado únicamente por la base y el pavimento, prescindiéndose de la subbase, debido a las menores necesidades portantes.

Se podrá utilizar árido siderúrgico de escoria negra de acería en capas de base y de subbase, si la hubiese, como árido en zahorras artificiales, teniendo las mismas consideraciones que las zahorras artificiales empleadas como capa base y/o subbase estructural de firmes de carreteras.

El árido siderúrgico de escoria negra de acería deberá presentar valores de expansión inferiores al 5% definidos según la Norma UNE-EN 1744-1.

Los materiales con áridos siderúrgicos irán localizadas en la capa de base y/o subbase de este tipo de vías, sobre el suelo natural excavado o sobre la explanada, si la hubiese. Irán situados inmediatamente por debajo del pavimento que garantizará una cobertura de alta impermeabilización.

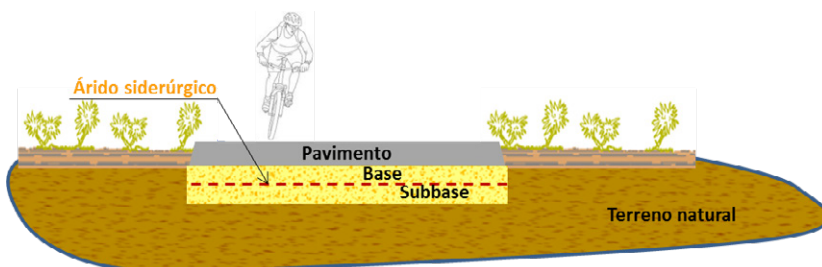


FIGURA 23: BASE Y SUBBASE DE VÍAS CICLISTAS O PEATONALES.

3. EXPLANADAS MEJORADAS

Se entiende por explanada mejorada el conjunto de capas de suelos u otros materiales que se encuentra bajo el firme y cuya finalidad es mejorar y homogeneizar la capacidad de soporte del cimiento del firme, facilitar las labores de construcción, proteger los suelos del agua mediante impermeabilización o evacuación, y obtener las superficies geométricas precisas.

Se adoptarán las consideraciones relativas a zahorras artificiales en cuanto al uso del árido siderúrgico de escoria negra de acería, debiendo presentar valores de expansión inferiores al 5% definidos según la Norma UNE-EN 1744-1.

La explanada mejorada se apoya sobre el terreno subyacente, consistente en el terreno natural en fondos de desmonte, los suelos o materiales de aportación en núcleo de terraplenes o en capa de transición de pedraplenes o rellenos todo-uno, y ambas formaciones en las secciones a media ladera. El plano de explanada constituye la superficie superior de la explanada mejorada, sobre la que se apoya el firme de la carretera, que garantizará una cobertura de alta impermeabilización.

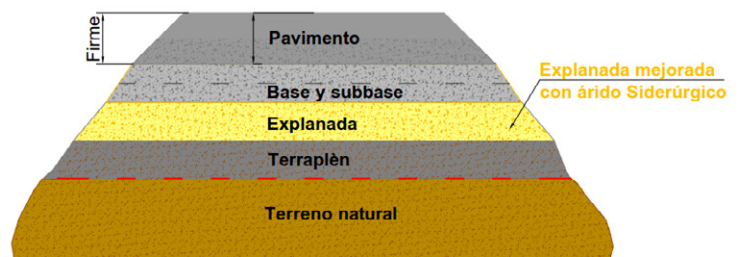


FIGURA 24. EXPLANADA MEJORADA.

4. TERRAPLENES, EXCEPTO ZONAS EXPUESTAS DE TALUD (INCLUSO CUANDO TENGAN COBERTURAS DE TIERRA NATURAL)

Se entiende por terraplén al relleno formado por extensión y compactación de suelos por encima del terreno natural con el que se constituye el cimiento del firme, constituido por el núcleo del terraplén y por la explanada mejorada.

En estos rellenos se distinguirán las cuatro zonas siguientes:

- **Coronación:** Es la parte superior del relleno tipo terraplén, sobre la que se apoya el firme, con un espesor mínimo de dos tongadas y siempre mayor de cincuenta centímetros (50 cm).
- **Núcleo:** Es la parte del relleno tipo terraplén comprendida entre el cimiento y la coronación.
- **Espaldón:** Es la parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente, constituirá o formará parte de los taludes del mismo. No se considerarán parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno entre los que se consideran, plantaciones, cubierta de tierra vegetal, encachados, protecciones antierosión, etc.
- **Cimiento:** Es la parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Su espesor será como mínimo de un metro (1 m).

Se adoptarán las consideraciones relativas a zahorras artificiales en cuanto al uso del árido siderúrgico de escoria negra de acería, debiendo presentar valores de expansión inferiores al 5% definidos según la Norma UNE-EN 1744-1.

Los rellenos de tipo terraplén irán situados directamente sobre el terreno natural y bajo la capa de explanada o de firme en función del tipo de carretera. Los áridos siderúrgicos de escoria negra de acería podrán utilizarse en las zonas de coronación, el núcleo y la cimentación al estar situadas bajo coberturas de alta impermeabilización. No podrá utilizarse en zonas expuestas de talud (espaldones) incluso cuando tengan coberturas de tierra natural.

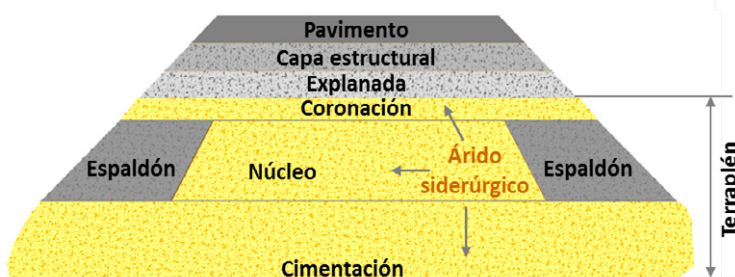


FIGURA 25. RELLENO DE TIPO TERRAPLÉN.

5. ZONAS EN TALUD (ESPALDONES) DE TERRAPLENES

Es la parte exterior del relleno tipo terraplén (definido anteriormente) que, ocasionalmente, constituirá o formará parte de los taludes del mismo. No se considerarán parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno entre los que se consideran plantaciones, cubierta de tierra vegetal, encachados, protecciones antierosión, etc.

Se utilizarán escorias de acería siempre y cuando se asegure una limitación alta de infiltración. En estos casos los espaldones evitarán la infiltración de agua, bien por el propio tipo de material, bien mediante la adopción de medidas complementarias.

Se adoptarán las consideraciones relativas a zahorras artificiales en cuanto al uso del árido siderúrgico de escoria negra de acería, debiendo definirse los valores de expansión en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

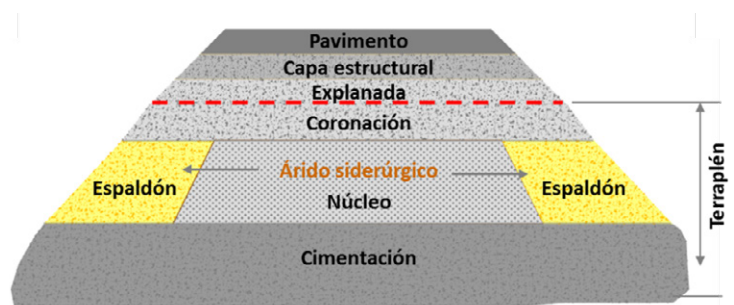


FIGURA 26. ZONAS EN TALUD (ESPALDONES) DE TERRAPLENES.

6. RELLENOS LOCALIZADOS BAJO COBERTURA DE ALTA IMPERMEABILIZACIÓN

Esta unidad consiste en la extensión y compactación de suelos, procedentes de excavaciones o préstamos, en relleno de zanjas, trasdós de obras de fábrica, cimentación o apoyo de estribos o cualquier otra zona, que por su reducida extensión, compromiso estructural u otra causa no permita la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleva a cabo la ejecución del resto del relleno, o bien exija unos cuidados especiales en su construcción:

a. Rellenos de zanjas, cubrición de tuberías y rellenos de nivelación bajo aceras

Formación de relleno con tierra seleccionada procedente de la propia excavación, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones y se ha realizado el relleno envolvente de las mismas; y compactación en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo mediante equipo manual formado por bandeja vibrante, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE-EN 103501

No se consideran incluidos dentro de esta unidad los rellenos localizados de material con misión específica drenante, a los que hace referencia el artículo 421 del PG-3.

Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

Los rellenos realizados con áridos siderúrgicos de escoria negra de acería se localizarán directamente sobre el terreno natural y bajo aceras u otros tipos de coberturas que aseguren una alta impermeabilización. En el caso de zanjas para instalación de tuberías, el relleno con árido siderúrgico tendrá la misma consideración.

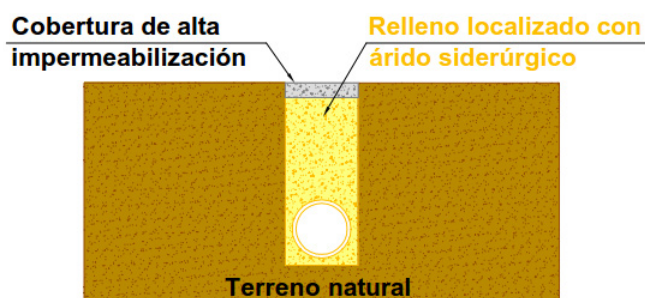


FIGURA 27. RELLENO DE ZANJAS / CUBRICIÓN DE TUBERÍAS BAJO COBERTURA DE ALTA IMPERMEABILIZACIÓN.

b. Encachados bajo solera

Se define como encachado a la capa de grava que sirve de base a una solera apoyada directamente sobre en el terreno con el fin de dificultar la ascensión del agua del terreno por capilaridad.

Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

Los encachados realizados con áridos siderúrgicos se ejecutarán directamente sobre el terreno natural y bajo soleras que aseguren una alta impermeabilización.

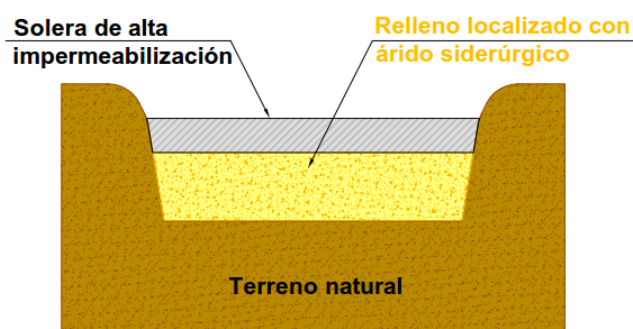


FIGURA 28. ENCACHADOS BAJO SOLERAS.

c. Relleno de trasdós de muros de pasos inferiores

Un paso inferior se define como toda obra que permite a una vía o carretera pasar por encima de un obstáculo, carretera, vía férrea, río, etc.

Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

Los rellenos de trasdós realizados con áridos siderúrgicos se dispondrán entre el terreno natural y la estructura del paso inferior. Irán situados bajo firmes de carretera rígidos o flexibles que aseguren una alta impermeabilización.

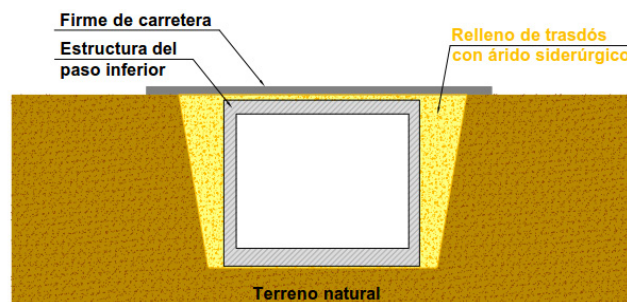


FIGURA 29. RELLENO DE TRASDÓS DE MUROS DE PASOS INFERIORES.

d. Relleno de trasdós estribos de puentes

Se define estribo como toda estructura de soporte en el extremo de un puente que permite la conexión estructura-terraplén.

Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

Los rellenos de trasdós de estribos de puentes realizados con áridos siderúrgicos se emplearán sobre el terreno natural y entre el material empleado en las capas inferiores de la carretera y el estribo del puente. Irán situados bajo firmes de carretera o coberturas que aseguren una alta impermeabilización.

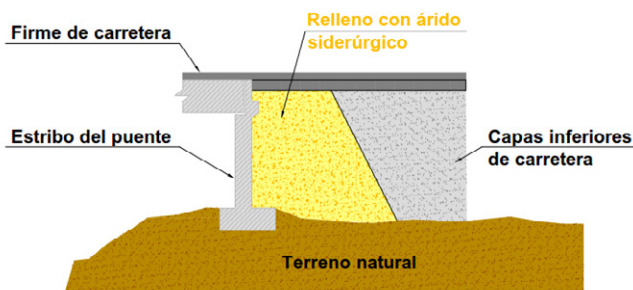


FIGURA 30. RELLENO DE TRASDÓS DE ESTRIBOS DE PUENTES.

e. Relleno de trasdós de muro de sostenimiento (bajo calzada)

Se define muro como “toda estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno”.

Los muros de sostenimiento se construyen separados del terreno natural dejando un espacio que posteriormente se rellena con un material seleccionado con el objeto de crear o ampliar la plataforma de la carretera. Sostiene la carretera.

Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

El material de relleno con árido siderúrgico de escoria negra de acería se colocará entre el terreno natural y el muro de sostenimiento. Se colocará por encima una capa o coberturas que aseguren una alta impermeabilización.

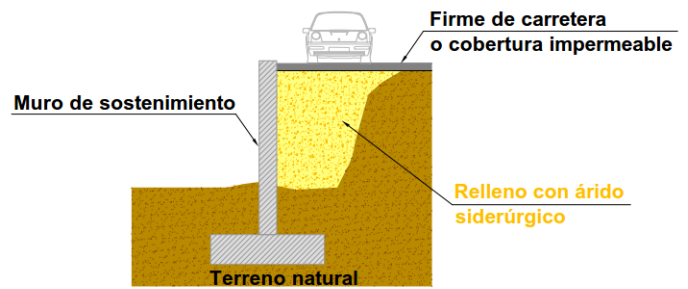


FIGURA 31. RELLENO DE TRASDÓS DE MUROS DE SOSTENIMIENTO.

f. Relleno de trasdós de muro de contención

Los muros de contención se utilizan para la contención de tierras o terrenos inestables cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía.

Los valores de expansión del árido siderúrgico vendrán definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

Se emplearán este tipo de rellenos con árido siderúrgico de escoria negra de acería cuando la zona de relleno carezca de cualquier misión drenante. Deberá disponerse además un sellado impermeable en superficie (por ejemplo, una acera) o una cobertura de tierra en caso de que el talud del relleno tenga una inclinación igual o superior a 2H:1V.

Los rellenos localizados con árido siderúrgico irán situados directamente entre el terreno natural o tierras de excavación y el muro de contención.

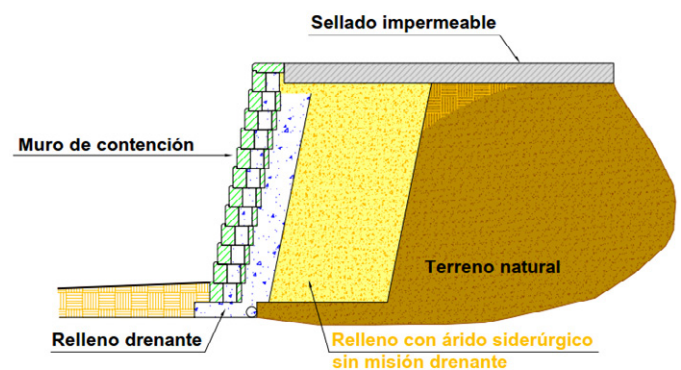


FIGURA 32. RELLENO EN TRASDÓS DE MUROS DE CONTENCIÓN.

g. Relleno interior de cajones de hormigón cerrados

El fondeo de cajones se realiza mediante inundación de las celdas hasta que el cajón toque fondo. Una vez verificada su posición final, es habitual rellenar la totalidad de las celdas con agua, para evitar que lo ponga en flotación la marea llanante. Finalmente, con el mínimo desfase temporal posible y con el fin de asegurar su estabilidad, se procede al llenado de celdas con material granular. Una vez las celdas rellenas debe preverse un sellado impermeable de las celdas con el fin de impedir el lavado del material granular de relleno.

Los áridos siderúrgicos utilizados para el relleno de este tipo de cajones deberán garantizar una baja expansividad al encontrarse confinados. Lo áridos siderúrgicos de escoria negra de acería deberán presentar valores de expansión inferiores al 0,3% definidos según la Norma UNE-EN 1744-1.

Se dispondrá de un sellado impermeable para coronar este tipo de relleno de material granular con árido siderúrgico.

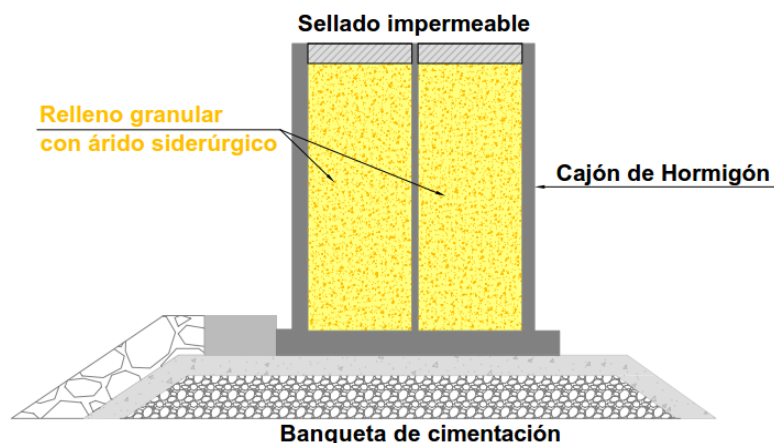


FIGURA 33. RELLENO DE CAJONES DE HORMIGÓN.

7. PROYECTOS DE URBANIZACIÓN

Se entienden por proyectos de urbanización a aquellos proyectos de planeamiento urbanístico para la ejecución de obras de urbanización de una calle, plaza, polígono industrial, sector, barrio etc.

En los supuestos de utilización de áridos siderúrgicos de escorias de acería para la ejecución de proyectos de urbanización que no hayan sido contemplados en las aplicaciones descritas anteriormente, tal utilización se hallará sometida a las condiciones señaladas en el presente Decreto. Se deberá incorporar, además, una capa superior impermeable.

7

CRITERIOS AMBIENTALES DE APLICACIÓN DE LOS ÁRIDOS SIDERÚRGICOS

El empleo de áridos siderúrgicos en aplicaciones constructivas representa una potencial afección ambiental ligada a la posible liberación de sus componentes. Por ello, se han de establecer una serie de criterios y requisitos que garanticen un comportamiento aceptable de este producto y que preserven al medio de este riesgo potencial. En este sentido, se establecen a continuación los requisitos mínimos de gestión requeridos a los operadores-valorizadores de áridos siderúrgicos cuyo destino sean aplicaciones constructivas localizadas en la CAPV.

Así, tal como se ha establecido previamente, los áridos siderúrgicos empleados en aplicaciones ligadas (escenario 1) no precisarán de medidas de control ambiental (lo cual no significa que no hay que consignar los resultados analíticos por parte del valorizador), puesto que se acepta la no liberación al medio de componentes, los cuales serán fijados e inmovilizados en la matriz del material ligado. Por su parte, los áridos siderúrgicos empleados en aplicaciones no ligadas (escenarios 2 y 3) estarán sujetos a los siguientes criterios de evaluación y control ambiental:

CONTENIDO TOTAL DE METALES

En aquellas aplicaciones en las que el árido se emplee en aplicaciones en contacto con el suelo de acuerdo con los escenarios 2 y 3, éste deberá incluir unas concentraciones totales inferiores, de forma genérica, a las establecidas en la Tabla 2.

TABLA 2. VALORES LÍMITE DE CONTENIDO TOTAL EN ÁRIDO SIDERÚRGICO PARA APLICACIONES NO LIGADAS.

Arsénico (As)	(mg / kg)	30
Cadmio (Cd)	(mg / kg)	5
Cobre (Cu)	(mg / kg)	10.000
Cr (VI)	(mg / kg)	8
Cromo (Cr) total	(mg / kg)	10.000
Mercurio (Hg)	(mg / kg)	4
Molibdeno (Mo)	(mg / kg)	75
Níquel (Ni)	(mg / kg)	110
Plomo (Pb)	(mg / kg)	120
Zinc (Zn)	(mg / kg)	10.000
Vanadio (V)	(mg / kg)	1.000

LIXIVIACIÓN

De cara a prevenir el potencial impacto ambiental de la aplicación de áridos siderúrgicos derivados de la emisión de sustancias contaminantes se deberá llevar a cabo un control de su lixiviación. Para ello, se someterán los áridos al ensayo de lixiviación EN-12457-4 manteniéndose los niveles de lixiviación por debajo de los valores establecidos en la Tabla 3, la cual categoriza los áridos en los escenarios descritos previamente en función de su comportamiento ambiental (emisión/ lixiviación).

TABLA 3. VALORES LÍMITE DE LIXIVIACIÓN (EN 12547-4) DE ÁRIDO SIDERÚRGICO EN APLICACIONES NO LIGADAS PARA ESCENARIOS 2 Y 3.

		Lixiviación EN-12457-4	
PARÁMETRO		ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
As	(mg/kg)	0,5	0,6
Ba	(mg/kg)	20	25
Cd	(mg/kg)	0,04	0,05
Cr total	(mg/kg)	0,5	2
Cr (VI)	(mg/kg)	0,1	0,4
Cu	(mg/kg)	2	3
Hg	(mg/kg)	0,01	0,01
Mo	(mg/kg)	0,5	2,8
Ni	(mg/kg)	0,4	0,5
Pb	(mg/kg)	0,5	0,6
Sb	(mg/kg)	0,06	0,08
Se	(mg/kg)	0,1	0,4
Zn	(mg/kg)	4	5
Cl	(mg/kg)	800	5.000
F	(mg/kg)	18	30
SO4	(mg/kg)	1.000	5.000
V	(mg/kg)	1,5	4

La categorización de áridos deberá ir ligada a unas condiciones de puesta en obra del producto que aseguren unos grados de impermeabilización en su cobertura acorde a cada tipología de áridos, o lo que es igual, a su grado de lixiviación, tal y como se recoge en el anexo II del decreto 64/2019.

En el caso eventual de que la cobertura de los usos indicados sea retirada por cualquier circunstancia, se deberán considerar y llevar a cabo las precauciones necesarias para evitar el riesgo asociado a la exposición ambiental del material durante el periodo de inexistencia de dicha cobertura y restituir la misma acorde con los requisitos establecidos en el anexo II del decreto 64/2019.

MUESTREO

Será obligatorio el control y la monitorización ambiental a lo largo del tiempo según los criterios descritos anteriormente, y de acuerdo a la periodicidad y condiciones de muestreo y análisis detallados a continuación. Se establecen dos frecuencias de control (muestreo y análisis) en base al volumen de producción/valorización tal como se describe en la tabla 4.

TABLA 4. FRECUENCIA DE MUESTREO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDO SIDERÚRGICO.

Producción anual	Nº Muestras	Frecuencia
<30.000 Tm/año	1	3 meses
>30.000 Tm/año	1	mes

8

BIBLIOGRAFÍA

- Arribas, I, San José, JT, Vegas, IJ, Hurtado, J A, Chica, JA. (2010) "Application of steel slag concrete in the foundation slab and basement wall of the Labein-Tecnalia Kubik building". EUROSLAG 2010, UNESID, Madrid.
- Arribas I. (2011) "Estudio y diseño de hormigones estructurales basados en la incorporación de subproductos siderúrgicos: viabilidad tecnológica. Universidad del País Vasco (UPV-EHU). Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao.
- Arribas, I. Vegas, I. San-Jose, JT. Manso, JM. (2014) "Durability studies on steelmaking slag concretes" *Materials and Design* 2014;63:168-176.
- Bilbao Port (2015). "Utilización de árido siderúrgico en obras marítimas por la autoridad portuaria de Bilbao. Aplicación actual en la aplicación en la prolongación del Dique-Muelle de Punta Sollana". Jornada sobre reciclaje de residuos como materiales alternativos de construcción organizada por la Universidad de Zaragoza y el CEDEX.
- BOPV - N.º 41 - 26 de febrero de 2003. DECRETO 34/2003, de 18 de febrero, por el que se regula la valorización y posterior utilización de escorias procedentes de la fabricación de acero en hornos de arco eléctrico, en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- BOPV - N.º 239 - 19 de diciembre de 1994. DECRETO 423/1994 sobre gestión de residuos inertes e inertizados.
- Frías M, J.T. San-José, I. Vegas (2010) ""Steel slag aggregate in concrete: the effect of ageing on potentially expansive compounds" *Materiales de Construcción*; 60(297) 33-46.
- Frías M, M. I. Sánchez, A. Uría. (2002) "Estudio de la inestabilidad en escorias negras de horno de arco eléctrico". *Materiales de construcción*, Vol. 52, nº 267.
- Manso, J.M. (2001) "Fabricación de hormigón hidráulico con escoria negra de Horno Eléctrico de Arco". Tesis Doctoral, Universidad de Burgos.
- San-Jose, J.T. I. Vegas, I. Arribas, I. Marcos (2014) "The performance of steel-making slag concretes in the hardened state" *Materials and Design*; 60: 612-619.
- Steelbb Glosario del acero. McGraw Hill Financial. <https://www.steelbb.com/es/steeltglossary/>

9

NORMATIVA SOBRE VALORACIÓN DE ESCORIAS Y USOS DE ÁRIDOS SIDERÚRGICOS

- Decreto 34/2003, de 18 de febrero, por el que se regula la valorización y posterior utilización de escorias procedentes de la fabricación de acero en hornos de arco eléctrico, en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Decreto 104/2006, de 19 de octubre, de valorización de escorias en la Comunidad Autónoma de Cantabria.
- Decreto 32/2009, de 24 de febrero, sobre la valorización de escorias siderúrgicas. Cataluña.
- Guide d'application. « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière ». Les laitiers sidérurgiques.
- VROM 1995 Building materials decree. Ministry of Housing, Spatial planning and the Environment. The Netherlands.
- VROM – Dutch Ministry of Spatial Planning Housing and the Environment. Soil Quality Decree (Netherlands), Decree of 22 November 2007 containing rules with respect to the quality of soil (Soil Quality Decree). Bulletin of Acts, Orders and Decrees of the State of the Netherlands, 34p, 2007.
- Zweiter Arbeitsentwurf der Bundesregierung (2011); Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen und das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material, Januar 2011.
- Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau,. Ausgabe 2004 (TL Gestein-StB 04).
- Pavement design and maintenance. Preamble. Conservation and the use of secondary and recycled materials. Series/doc. No DMRB Volume 7 Section 1 DMRB Volume 7 Section 1 Part 2 (HD 35/04).



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA