

Nota Técnica:
Código de ejecución segura y sostenible de demolición
y desmantelamiento

*Technical Note:
Code for a safe and sustainable performance of demolition
and dismantling*

J. González^(*), M. B. Díaz^(*), R. Rodríguez^(*)

Recepción/Received: 04-III-10
Aceptación/Accepted: 01-VI-10
Publicado online/Online publishing: 15-XI-11

RESUMEN

La demolición y el desmantelamiento se han considerado hasta tiempos recientes un obstáculo para realizar nuevas construcciones, hasta la incorporación a la industria del concepto de desarrollo sostenible, que supone minimizar impactos, maximizar la recuperación de materiales y una reglamentación que garantice estas premisas. Para las demoliciones en España, dado el vacío legal existente, se hace necesaria una normativa específica actualizada, equiparable a otros países de nuestro entorno, que contemple el desarrollo sostenible de la técnica. Más allá de una revisión normativa, la investigación desarrollada ha dado lugar a un código de ejecución segura y sostenible que aglutine a los distintos agentes implicados: técnicos, promotores, contratistas y gestores de residuos. Este código de mínimos, elaborado (a partir de casos prácticos) como guía de exigencias técnicas para las empresas y como indicador de la calidad de las demoliciones, sería extrapolable a otros países, especialmente con carencias legislativas o países emergentes.

Palabras clave: demolición, inerte, tratamiento de residuos, rehabilitación.

SUMMARY

Demolition and dismantling have been traditionally considered an obstacle to overcome before starting new constructions, up to the inclusion in the industry of the concept of sustainable development, which implies impacts minimization, recovery maximization and the legislation to warrant such premises. For demolitions in Spain, it becomes necessary to establish specific updated standards (similar to those of the surrounding countries) capable of combining technical features with sustainability, due to the current legal void. Beyond reviewing the up-to-date legislation, the research has produced a code of minimum requirements for safe and sustainable performance, capable of joining the different agents involved: technicians, promoters, contractors and waste managers. This code, developed from the experimental analysis of practical cases as a guide for technical requirements and as an indicator of the overall quality of the demolition, could be extrapolated to other countries (specially to those with a lack of legislation or to emerging countries).

Keywords: demolition, inert material, waste treatment, reclamation.

^(*) Universidad de Oviedo (Oviedo, España).

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento experimentado por el sector de la construcción en los últimos años ha originado un mayor número de edificaciones e infraestructuras a demoler, debido en gran parte a la necesidad de suelo edificable o de habitabilidad básica, sobre todo en las áreas urbanas (1). A su vez, exigencias de mercado y elevados costes de mantenimiento han obligado a demoler y a dismantelar en grandes áreas industriales, buscando nuevos desarrollos que recuperen instalaciones ya obsoletas. Es por ello que la demolición y dismantelamiento se han convertido en operaciones fundamentales y muy frecuentes ligadas al auge de la obra civil y al desarrollo urbano e industrial. Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) constituyen la mayor categoría de residuos en Europa: alcanzan un 31% de todos los residuos producidos en Europa Occidental y se prevé un incremento de otro 30-35 % para 2020 (2).

Tanto la demolición como el dismantelamiento son obras de alto riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores y, en el caso de grandes áreas industriales, de gran complejidad técnica, en las que es necesario combinar distintos sistemas de ejecución (3). Su desarrollo conlleva la aparición de ingentes cantidades de residuos tanto peligrosos como no peligrosos. Si bien únicamente la fracción pétreo ha de ser considerada como inerte, es práctica generalizada demoler sin selección alguna por su menor coste y mayor rapidez, dando lugar a un escombros formado por materiales de distinta naturaleza.

La saturación de los vertederos y los consumos de áridos evidenciados en Europa en general y en España en particular hacen necesario plantear una normalización de la ejecución de las demoliciones que facilite la recuperación de la fracción pétreo de los RCDs para su reciclaje optimizando al máximo el aprovechamiento de los áridos que ya fueron, en su día, destinados a la construcción y que ahora han de volver a ser reutilizados para completar el ciclo y permitir el desarrollo sostenible (4). Desarrollo sostenible que, para el siglo XXI y el futuro, busca preservar los recursos naturales dañados por malas prácticas ambientales y por herencia de convenciones estéticas y factores económicos del pasado. Hoy en día, entre las propuestas de reciclaje y reutilización para optimizar materias primas, disminuir consumos energéticos y contribuir a la sostenibilidad de la industria en general (y el sector de la construcción en particular), se incluye incluso el reciclaje de lodos con cemento provenientes de la limpieza de cubas (5).

El dismantelamiento de áreas industriales debe integrar la ejecución segura y sostenible. Para ello, es necesario que las diferentes administraciones establezcan la oportuna reglamentación, control y vigilancia, paralelamente

a la creación de un marco socioeconómico que aglutine la aceptación y compromiso de los agentes implicados (técnicos, promotores, contratistas y gestores de residuos). Sin embargo, la reglamentación específica existente actualmente en España en cuanto a la ejecución de demoliciones, se limita a la ya antigua NTE-ADD Demoliciones de 1975 (6), con pautas genéricas y conceptualmente desfasadas.

Por lo tanto, la demolición y el dismantelamiento tienen una gran relevancia en la ejecución de nuevas obras, tanto por el elevado número de operaciones que se realizan cada año y la ausencia de normativa específica en el caso particular de España, como por su especial influencia en aspectos tan destacados como la seguridad y salud y los costes finales; son, además, claves para optar al desarrollo sostenible (que requiere del reciclaje y la reutilización como parte fundamental de la obra desarrollada). Otro modo de referirse a la demolición es empleando el término deconstrucción como antítesis de la "construcción"; implica una minimización del impacto ambiental gracias a la disminución en las cantidades de nuevos productos a fabricar y a la reducción de los volúmenes de residuos inertes a incorporar a los vertederos (7).

Partiendo del análisis de la situación en este campo y de la experiencia de casos prácticos, se han establecido unas especificaciones técnicas que sirven como referencia para los siguientes propósitos (8):

- Como medio para demostrar la conformidad de los trabajos de demolición y dismantelamiento de zonas industriales al desarrollo seguro y sostenible.
- Como marco donde desplegar las exigencias técnicas para las empresas contratistas implicadas.
- Como indicador de la calidad de realización de los proyectos de obras de edificación e ingeniería civil que conlleven trabajos de demolición y/o dismantelamiento, al establecer unos requisitos mínimos.

A la hora de elaborar el código de aplicación práctica, que sirva de guía para llevar a cabo una demolición y un dismantelamiento, no se han considerado ni la recuperación de suelos contaminados (entendiéndose que el ámbito de trabajo es el de demoliciones y dismantelamientos por encima de cota 0), ni la aplicación de la metodología al dismantelamiento de centrales nucleares (pues la metodología debería completarse con los procedimientos específicos de las instalaciones radiactivas).

2. ANÁLISIS NORMATIVO

Algunos países europeos, como Dinamarca y Holanda, han conseguido tasas de reciclaje en el sector de la construcción/demolición de hasta el 90% (2). En otros países

como el Reino Unido, aunque no se alcancen tasas tan elevadas de reciclaje, existe una normativa específica (9) y códigos de buena práctica que llevan años implementándose y mejorándose (10). Pero España se encuentra lejos de estas cifras y avances normativos: menos de 5% de reciclaje en 1999, frente al 81 y 90% de Dinamarca y Holanda (*Informe Symonds*, 11) y su normativa requiere una revisión. El citado informe Symonds realiza un análisis de las diferentes medidas legislativas llevadas a cabo en Europa con objeto de influir en la gestión realizada con los RCD, proponiendo las siguientes (12): restricciones o prohibiciones sobre el vertido; impuestos sobre vertido (más elevados en países con escasa producción de áridos como Dinamarca o con gran sensibilidad medioambiental como Suecia); elevados costos de depósito en vertedero; apoyo a los proyectos de gestión de residuos, etc.

A continuación se analizan los principales aspectos normativos en España, señalando sus carencias más significativas y destacando su campo de aplicación.

2.1. Normativa con mención específica a demoliciones

Orden 10/02/1975. Acondicionamiento del terreno. Desmontes, demoliciones. NTE-ADD/1975 (6)

Distingue entre demolición manual (o "demolición progresiva elemento a elemento"), demolición por empuje (especificando que no se permite en estructuras metálicas ni de hormigón armado) y se añaden criterios de demolición por colapso (en la que distingue dos sistemas: demolición por impacto de bola y demolición por voladura). La norma especifica el procedimiento de trabajo respectivo de cada método y como demolición combinada únicamente se considera la combinación de los sistemas referidos. Se asigna una simbología de referencia de obligado cumplimiento a todos los elementos a demoler, que se hará constar en los planos. Se detallan como especificaciones las líneas generales del procedimiento de trabajo para la demolición de cada elemento de una edificación tipo.

Esta normativa se ha quedado obsoleta. En el año 1975, los actuales sistemas de demolición con cizallas hidráulicas montadas sobre retroexcavadoras de gran capacidad no estaban desarrollados y no se consideraba la problemática de la gestión de los residuos generados en la demolición. La necesidad de actualizar la norma se hace más patente en el ámbito medioambiental, pues la meta de sostenibilidad obligaría a integrar la gestión de los residuos de demolición en la normativa reguladora de la actividad.

En fase de ejecución la casuística es amplia, ya que por un lado está la Autoridad Administrativa que concede la licencia de obras, por otro lado la Autoridad Laboral que

vela por el cumplimiento de legislación en materia de prevención de riesgos laborales y, por último, la Autoridad Ambiental. La situación se puede complicar aún más si dentro de la obra a ejecutar se realiza alguna demolición por voladura, apareciendo además la Autoridad Minera, que ha de autorizar el uso de explosivos. Así, una obra de demolición y desmantelamiento de gran envergadura es fácil que implique la intervención de las cuatro Autoridades referidas y, por ello, cuatro vías distintas por las que ha de validarse la obra. En teoría, este nivel de validación a través del alto grado de especialización de las distintas Autoridades implicadas conllevaría una mayor precisión y rigor, si bien la práctica demuestra que en general la suma de responsabilidades no siempre da un resultado riguroso y, en ocasiones, puede incluso producir dispersión.

PG-3. Parte 3ª Explanaciones. Capítulo I. Trabajos preliminares. 301. Demoliciones (13) (modificado por Orden FOM/1382/02 (14))

El PG-3 define las demoliciones como el derribo de todas las construcciones, necesario para la ejecución de la obra. Se hace referencia a la NTE-ADD, en cuanto a demolición elemento a elemento. Se establece la realización de un estudio previo a la demolición por parte del Contratista (con un contenido genérico mínimo) y se asigna su aprobación al Director de las Obras. En cuanto a los materiales resultantes de la demolición, únicamente se contempla su reutilización en obra o su traslado a vertedero.

RD. 1627, de 24 de octubre, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción (15)

Su Anexo IV, parte C (15) especifica: "los trabajos de derribo o demolición que puedan suponer un peligro para los trabajadores deberán estudiarse, planificarse y emprenderse bajo la supervisión de una persona competente".

La Guía Técnica elaborada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (16), con el fin de proporcionar criterios para la interpretación técnica y aplicación del citado RD, a pesar de su carácter no vinculante, resulta fundamental en la aplicación técnica, más aún teniendo en cuenta la inspección llevada a cabo por una Autoridad Laboral con formación eminentemente jurídica. Así, en las notas aclaratorias, se define como persona competente: "aquella que ha sido designada expresamente por el empresario para el desarrollo de las tareas que se trate, teniendo en cuenta sus conocimientos técnicos y formación profesional, experiencia y formación preventiva". Esta acreditación de conocimientos técnicos la da una formación adquirida en una Escuela Técnica como las de Ingenieros. En particular, los Ingenieros de Minas adquieren un papel relevante al estar capacitados para manejar explosivo, como así requiere la demolición

por voladura habitualmente usada tanto en obra civil como en edificación.

2.2. Normativa vinculada a demoliciones sin mención específica a las mismas. Código Técnico de la Edificación (17)

El actual Código Técnico de Edificación (17) no hace referencia alguna a los trabajos de demolición, pese al vacío previo existente y a ser de aprobación relativamente reciente. Si se intentase buscar una analogía inversa entre construcción y demolición que pudiera derivar una estructuración u ordenación para un proceso de ejecución de una demolición y desmantelamiento, acudiendo al Documento Básico Seguridad Estructural Acero SE-A, se establece: "Este DB se destina a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación. No se contemplan, por tanto, aspectos propios de otros campos de la construcción (puentes, silos, chimeneas, antenas, tanques, etc.). Tampoco se tratan aspectos relativos a elementos que, por su carácter específico, requieren consideraciones especiales".

Así, se dejan fuera de norma demoliciones de grandes procesos industriales. Aunque estas últimas no constituyen el grueso de demoliciones ejecutadas, sí parecería lógico cubrir todo el ámbito de aplicación técnica de las demoliciones para crear unas especificaciones técnicas en demolición y desmantelamiento. Así, lo simple quedaría incluido en lo complejo, no siendo posible a la inversa.

En el Documento Básico SE: Seguridad Estructural, que tiene como objetivo básico: "asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto", no se hace mención alguna a las acciones a las que se somete la edificación al llevar a cabo la demolición ni a las acciones a las que se ven sometidos posible edificios medianeros o cercanos.

En el Anexo D, Evaluación Estructural de edificios existentes (del mismo DB-SE), sí se consideran las acciones en el edificio ya construido. De esta manera, se analizan únicamente las acciones en el edificio durante su construcción y, una vez construido, durante su vida útil. Pero desde el necesario punto de vista del desarrollo sostenible, el ciclo de vida del edificio ha de incluir la fase de demolición, pues es el momento clave para clasificar, reutilizar y reciclar todos sus elementos constitutivos.

Instrucción española de hormigón estructural (EHE-08) (18)

La normativa española no recoge nada sobre la evaluación de estructuras existentes. La EHE-08 menciona que

los coeficientes parciales de seguridad se pueden obtener por calibración con técnicas probabilistas o con evaluación estadística de datos experimentales; en general la EHE utiliza el primer método. No se proponen valores ni recomendaciones para estos coeficientes en el caso de estructuras existentes; los coeficientes parciales de seguridad no consideran la influencia de posibles errores humanos groseros, que deben evitarse mediante mecanismos adecuados de control de calidad, que abarcarán todas las actividades relacionadas con el proyecto, la ejecución, el uso y el mantenimiento de una estructura.

2.3. Normativa medioambiental vinculada a demoliciones

En el año 2008 se publica en el BOE el Real Decreto sobre producción y gestión de residuos de construcción y demolición, RCD (19). Entre las obligaciones que establece para el productor, destaca la inclusión en el proyecto de obra de un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que deberá incluir, entre otros aspectos, una estimación de la cantidad de RCD que se generarán en la obra, las medidas de prevención que se adoptarán, el destino previsto para los RCD que se produzcan, así como una valoración del coste previsto de su gestión (que formará parte del presupuesto del proyecto). También, como medida de prevención, se establece la obligación, para obras de demolición, reparación o reforma, de hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, previendo su retirada selectiva, evitando su mezcla con residuos no peligrosos y asegurándose de que se envían a gestores de residuos peligrosos autorizados.

Este Real Decreto sienta las bases para el desarrollo del Código de Ejecución Segura y Sostenible objeto de este artículo; sin embargo, el código propuesto va más allá al contemplar, además del aspecto medioambiental, la planificación necesaria para la correcta ejecución técnica de la obra, así como los beneficios en la Comunidad y la recuperación de la memoria histórica.

3. PROPUESTA DE CÓDIGO DE EJECUCIÓN PARA UNA DEMOLICIÓN SEGURA Y SOSTENIBLE

Uno de los pocos estudios donde se comparan las características de planificación, técnicas utilizadas, tiempos invertidos y resultados económicos entre demolición selectiva *versus* demolición convencional es el producido por IFARE-DFIU/CSTB (20), financiado en parte por la Agencia Medioambiental francesa ADEME. A partir de algunas de sus sugerencias y con la experiencia de los autores en el sector, a continuación se propone el código elaborado en el transcurso de esta investigación.

Cabe señalar que ya en 2004 el estudio realizado por la Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco (12) proponía en sus conclusiones y recomendaciones la creación de una logística para identificar y cuantificar los materiales de construcción, así como realizar demoliciones piloto selectivas para determinar costos y duraciones unitarias de las principales tareas.

3.1. La planificación

La planificación supone la anticipación a la acción; en el caso de las obras de demolición, en las que se dan condiciones rápidamente cambiantes, implica realizar un pronóstico adecuado de las mismas. Esto se ha de llevar a cabo mediante la elaboración de un Plan de Demolición que ha de contener el método/s de demolición (Figura 1), la estimación de tiempos y las secuencias operativas, además del obligatorio Plan de Seguridad y Salud (15). Este plan de demolición solo podrá elaborarse tras la investigación de las construcciones a demoler y del emplazamiento, que habrán de definirse desde el punto de vista estructural, con las correspondientes inspecciones y ensayos (8). El Plan de Demolición también detallará el personal requerido, la maquinaria y equipos a emplear en función del método de demolición y los riesgos a terceros (21).

Este sistema de procedimientos tiene las siguientes ventajas:

- Permite mejorar y optimizar las técnicas de demolición, pues se puede elegir la más adecuada o incluso combinar dos técnicas diferentes (como en el caso de demolición con martillo rompedor y voladura con explosivos) y facilita la reutilización del escombro (22).
- Obliga a recoger los datos. Permite ordenar y clasificar datos.

- Los datos recogidos sirven para estudiar obras posteriores similares y planificarlas mejor.
- Permite un mayor control de la ejecución y una mayor implicación de los contratistas en el seguimiento de la obra en sintonía con la Dirección Facultativa.
- Incluye aspectos de protección de terceros: instalación de protecciones, control de accesos y protección de edificaciones colindantes y medianeras.

3.2. Procedimientos de demolición

Para completar el Plan de Demolición, se elaborarán los correspondientes Procedimientos de Ejecución Segura y Sostenible, a los que se dota de un soporte informático que permitirá, además de documentar y archivar la información de manera eficiente (dando base documental a las especificaciones del proyecto), correlacionar tipologías de demoliciones y de métodos de demolición, garantizando una ejecución segura y sostenible. Esta sostenibilidad, igual que para otras industrias, implica actuaciones social y medioambientalmente responsables, técnicamente adecuadas y económicamente rentables (23).

A continuación se ha seleccionado como ejemplo uno de los casos prácticos analizados por los autores: demolición y desmantelamiento de una fábrica azucarera para la obtención de alcohol a partir de remolacha, que se ha elegido por su representatividad. Para mantener la confidencialidad, algunos nombres son ficticios, aunque los datos sí son reales y habituales en la práctica actual en el campo de las demoliciones. La investigación desarrollada ha permitido aplicar a este ejemplo la metodología propuesta.

La Fábrica Azucarera, surgida en los años veinte, se desarrolló en los 40 con la instalación de la fábrica de azúcar. Con el fin de instalar una nueva maltería, se hace



Figura 1. Principales métodos de demolición.

necesario demoler los silos de remolacha, edificaciones contiguas y dismantlar el resto de instalaciones del ciclo de fabricación de azúcar, que se encuentran fuera de servicio sin función productiva. La Figura 2 muestra una vista aérea de la zona afectada por la demolición y dismantlamiento y un detalle de la fábrica objeto de actuación.

La obra de demolición se supeditada al nuevo uso del terreno y se planifica en dos fases:

- *Fase I*, que abarca la demolición de los siguientes elementos y referencias del plano: caseta de básculas (2), báscula de camiones (3), cinta transportadora elevada (4), galería enterrada para cinta (5), fosos de descarga (6), plataformas de descarga de camiones (7), torres de transferencia entre cintas (8), silos de remolacha (9), almacén de semillas (15), tanques de alcohol (18) y cubeto de tanques (19).
- *Fase II*, de mayor volumen y complejidad. Abarca el resto de instalaciones, salvo los edificios a preservar: edificio de cultivos (1), pórtico toma muestras (10), equipos (11), laboratorio pago por riqueza (12), canaletas (13), pozo de bombeo (14), almacén sin cubierta (16), piscinas (17) y bionda (20).

En la Figura 3 se recoge un plano en planta de las instalaciones objeto de obra y en la Figura 4, la superficie de ubicación de la futura maltería.

La demolición de edificaciones se planificó con retroexcavadora equipada con cizalla, excepto para los silos de remolacha, donde se proponía retroexcavadora equipada con martillo hidráulico, dada la dureza del hormigón y su armadura. En construcciones e instalaciones complejas de estructura principal metálica, se propuso oxicorte de preparación, con cortes parciales con soplete de elementos estructurales no principales, que permitiesen posteriormente un trabajo más seguro de la retroexcavadora con cizalla sobre elementos debilitados. Este trabajo sólo pueden realizarlo sopleteros muy especializados y expertos.

Después del oxicorte de preparación o directamente en estructuras sencillas, el dismantlamiento se haría con retroexcavadora con cizalla, gracias a su potente momento de flexión. Cuando la altura limitase la acción de la retroexcavadora con cizalla, se planteaba el dismantlamiento mediante el empleo de oxicorte en altura de sucesivas de piezas de tamaño asumible, estrobadas previamente con grúa. El oxicorte se realizaba desde plataforma elevadora o grúa con cesta permaneciendo fuera del radio de acción de la pieza a cortar. Puntualmente, para descubrir las zonas de corte, se propuso utilizar martillos manuales neumáticos o eléctricos. Después del dismantlamiento en altura mediante retroexcavadora equipada con cizalla u oxicorte en altura, se efectuó el corte y troceado a cota cero de elementos voluminosos hasta reducirlos a dimensiones adecuadas para facilitar



Figura 2. Vista aérea de la zona a dismantlar (caso práctico) y detalle de la fábrica objeto de actuación.

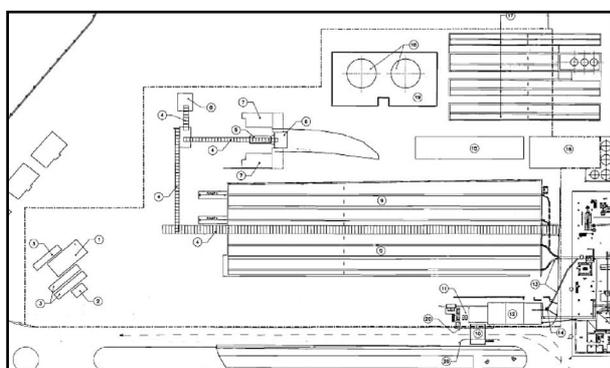


Figura 3. Plano de las instalaciones a dismantlar (caso práctico).

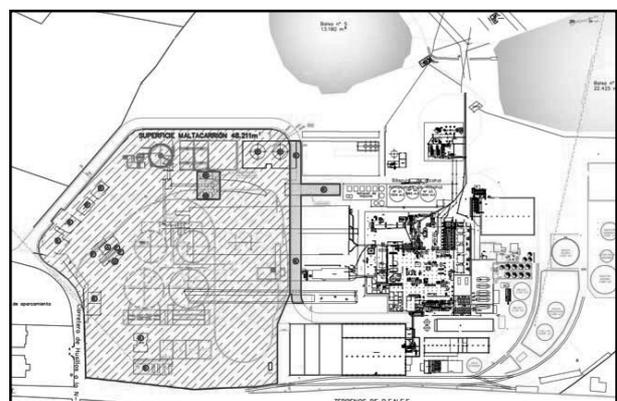


Figura 4. Ubicación de la futura maltería.

su carga y transporte. En estas labores se utilizó también el oxicorte para reducir las piezas al largo industrial.

En base a los sistemas de ejecución referidos anteriormente, se aporta la planificación prevista para la ejecución de la Fase II de la obra (Figura 5) mediante diagrama de Gantt.

Para lograr la demolición segura y sostenible normalizada de esta instalación se han elaborado un total de doce procedimientos: 01. Zona de descarga mecánica de remolacha, 02. Naves tolva y cortado, 03. Zona de molinos y prensas, 04. Nave de difusión, 05. Almacén de impuros y almacenes de alcohol, 06. Achatarramiento de tanques pequeños a largo industrial, 07. Almacenes de semillas y de pellets vacíos, 08. Zona horno de cal y torres de refrigeración, 09. Cuerpo central de fabricación, 10. Zona de destilería y fermentación, 11. Zonas de depósitos y 12. Talleres y naves auxiliares.

Las principales conclusiones de la aplicación de los procedimientos a este ejemplo práctico son:

- La utilización de retroexcavadora equipada con cizalla como método exclusivo de desmantelamiento está condicionada a su capacidad limitada de abordar estructuras de hormigón fuertemente armado y estructuras metálicas de gran magnitud.
- La acción combinada de oxicorte de preparación y retroexcavadora con cizalla disminuye el esfuerzo de trabajo de esta última previniendo de averías y alargando su vida útil.
- La demolición de los silos de hormigón requirió, además de la retroexcavadora con cizalla, varias retroexcavadoras con martillo hidráulico para no demorar plazos. Es necesaria una mejor planificación de la ejecución en base a rendimientos de maquinaria, en

función del hormigón a demoler y un mayor conocimiento de la problemática de este tipo de obras a la hora de establecer plazos.

- La retirada de cableado eléctrico a reciclaje conlleva demoliciones menores, que generan RCD.
- Es necesario retirar el escombros de la demolición de naves simultáneamente a esta, para facilitar el posterior acceso a las estructuras y equipos metálicos y su traslado a la zona de achatarramiento por oxicorte.
- La utilización de retroexcavadora equipada con cizalla como método exclusivo de desmantelamiento es factible en tanques, si bien su posterior achatarramiento por oxicorte a largo industrial aumenta la superficie específica de las piezas resultantes debido a las deformaciones sufridas por el trabajo de la cizalla. Esto disminuye el peso de chatarra cargado en los camiones.
- En construcciones con gran volumen de materiales no metálicos es necesario utilizar retroexcavadora equipada con imán posteriormente a la demolición, para recuperar la perfilería metálica de la estructura principal.
- La simultaneidad de demolición y retirada de escombros está condicionada a la retirada de los componentes metálicos, que una vez en el suelo han de separarse del escombros para una carga eficaz.
- El desmantelamiento del horno de cal a largo industrial está supeditado a la retirada previa del revestimiento interior de ladrillo refractario.
- Los revestimientos interiores de lana de roca sobre estructuras de acero inoxidable impiden su oxicorte efectivo. Es necesaria su retirada previa una vez en el suelo.

3.3. Sistema de Certificación: propuesta y validación

Con objeto garantizar una ejecución segura y sostenible de las obras de demolición y desmantelamiento, además de plasmar el desarrollo de la obra en procedimientos de

Unidades de obra		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Trabajos previos	Organización en el solar y señalización	■					
	Acopio de materiales y equipos	■					
	Venteos y anulación de servidumbres	■					
	Establecimiento de protecciones colectivas	■					
Desmantelamiento	Descarga mecánica y cinta de remolacha	■	■				
	Lavadero y secadero de pulpa		■	■			
	Depósitos de fueloil		■	■			
	Zona horno de cal y auxiliares		■	■			
	Depósito de melaza			■			
	Almacén de efectos, talleres y calderas				■	■	■
	Cuerpo de fabricación					■	■
Otros	Achatarramiento a largo industrial		■	■	■	■	■
	Carga y transporte de chatarra		■	■	■	■	■
	Seguridad y salud	■	■	■	■	■	■

Figura 5. Planificación de la obra.

ejecución, se hace necesaria una herramienta que permita planificar las demoliciones y desmantelamientos durante la fase de licitación de la obra; es decir, que facilite el mecanismo para la elección del contratista más apropiado. De esta manera, se garantizará que se han dispuesto los medios, métodos de trabajo, personal y organización para que, una vez que comience la obra, esta se lleve a cabo de manera segura y sostenible.

Dentro de la clasificación del Estado de los contratistas, en grupos y subgrupos, que clasifica a las empresas en función del tipo de obra y su volumen económico, las demoliciones se enmarcan en el grupo C: Edificaciones, subgrupo 1. Para demolición de construcciones industriales no enmarcadas en la edificación o cuando coexisten demoliciones y desmantelamientos (como en el caso de áreas industriales obsoletas a reconducir hacia nuevos usos) la utilización de la clasificación establecida para la contratación con la Administración no permite una especificidad clara en cuanto a esta tipología de obra. Así se dan situaciones en las que, por tener que restringirse a los grupos y subgrupos tipificados, se requieren varias clasificaciones simultáneas de posible aplicación, pretendiendo cubrir así la complejidad de la obra. La realidad que esto conlleva es la presentación de ofertas de uniones temporales de empresas que puedan cubrir en conjunto las clasificaciones obtenidas, pero que ninguna se dedica realmente a la demolición y desmantelamiento, con todo lo que ello conlleva para la correcta ejecución de la obra.

Díaz Aguado y González (24) han desarrollado un índice empírico de valoración de sostenibilidad de proyectos

(en su caso, aplicado a proyectos mineros). El Sistema de Certificación que aquí se propone iría un paso más allá, pues además de cuantificar la sostenibilidad permitirá disponer de un criterio de validación técnica que garantice la capacitación del contratista para ejecutar la obra de manera segura y sostenible. Con ello se avanza en el campo de la demolición, incluyendo recuperación y reciclaje de materiales y maximización de ventajas sociales y económicas para la comunidad, así como la conservación de la memoria histórica. La certificación de una demolición como segura y sostenible (DSS) se propone a través de un sistema de obtención de créditos que el contratista va obteniendo en función de la documentación aportada. La obtención de créditos se agrupa en base a tres categorías importantes (el Edificio o instalación; Planificación y Seguridad; y Salud ambiental). Cada una de estas categorías está organizada en subcategorías (Figura 6). Más aún, la propuesta de los autores es que la adjudicación de créditos se llevase a cabo bien por una Agencia u Organismo Estatal directamente, o bien a través de empresas certificadoras registradas (en el caso de obras de carácter privado).

La certificación se plasmaría mediante un formulario tipo que se ha diseñado a partir de numerosas experiencias prácticas. Se han establecido una serie de prerequisites, relativos a la gestión de residuos conteniendo amianto y a la seguridad de los trabajadores (25), sin los cuales no se podría obtener la certificación DSS. El número mínimo de créditos es de 25 y existen dos créditos bono por mejoras en la recuperación de materiales. A continuación se desglosa la certificación.

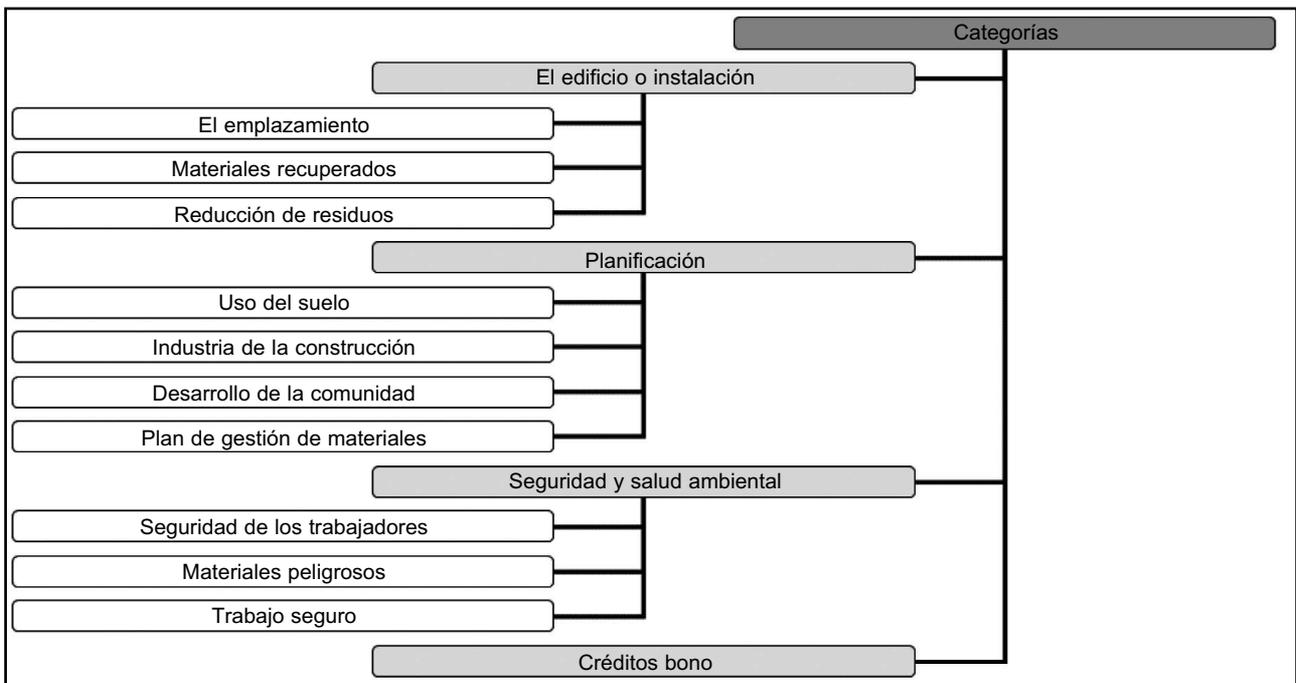


Figura 6. Categorización del sistema de certificación.

El edificio o instalación

Se subdivide en categorías: emplazamiento, recuperación de materiales y reducción de residuos.

El emplazamiento: las obras de demolición y desmantelamiento están afectadas por los impactos de la ejecución, incluyendo impactos en la parcela de obra y propiedades circundantes, las calles y, en su caso, los barrios. Un objetivo importante de ejecución segura y sostenible de demoliciones y desmantelamientos es la menor alteración posible del entorno o la minimización del impacto en zonas no edificadas. La Tabla 1 muestra la distribución de créditos asignada, sobre un número máximo de 5 créditos del emplazamiento.

Recuperación de materiales: el objetivo de estos créditos es medir la conservación de recursos considerada en el proyecto, valorando los tipos de materiales que son recuperados, y el esfuerzo por recobrar la máxima cantidad de materiales que son recuperables. Los materiales recuperables son los que pueden ser reutilizados y reciclados en base a su condición y a la infraestructura de aprovechamiento y de reciclaje disponible en la comunidad. El objetivo de estas medidas es recompensar el esfuerzo en la conservación de los recursos de

materiales, al afrontar un proyecto particular con materiales específicos. En las Tablas 2 y 3 se muestran las valoraciones de créditos, con un máximo de créditos totales posibles de 7.

Reducción de residuos: el primer objetivo de la certificación DSS es minimizar el envío de escombros a vertedero para evitar los costes económicos y medioambientales asociados, promoviendo de este modo el valor de lo considerado como desperdicio. Mientras que en la categoría de "Recuperación de materiales" los créditos se asignan al mejor esfuerzo en un edificio o instalación con posibilidades limitadas de recuperación de materiales, la categoría de "Reducción de residuos" valoriza que la recuperación de materiales de edificios mayores tendrá un beneficio absoluto mayor sobre la recuperación que recuperación de materiales en un edificio más pequeño con el mismo porcentaje. Esta perspectiva es innovadora, ya que no se tiene habitualmente en cuenta en las obras de demolición, más preocupadas del beneficio inmediato obtenido del trabajo realizado. Los créditos de la categoría de Reducción de residuos se determinan mediante dos factores:

- 1) El volumen total del edificio.
- 2) El porcentaje de materiales recobrados.

Tabla 1
El emplazamiento. Valoración de créditos.

Créditos posibles	Emplazamiento	Documentación requerida
1	Permanencia de vegetación o recuperación de la misma para su reubicación	1. Fotos pre- y post demolición 2. Y/o vegetación existente y plan protección
1	El emplazamiento del edificio se completa con cobertura vegetal después de la rehabilitación o demolición	1. Plan de restauración paisajística para las condiciones postdemolición y / o fotografías de comprobación
1	Plan de control de erosión y sedimentación	1. Medidas correctoras tomadas para el control de la erosión y sedimentación
2	Minimización de impactos medioambientales durante la obra	1. Plan de obra indicando edificios adyacentes, calles y elementos de relevancia 2. El Plan de obra indicará accesos, vías de circulación de vehículos y peatones, zonas de almacenamiento materiales y áreas de trabajo

Tabla 2
Valoración de la conservación de recursos (I).

Recuperación (%): (recuperados / existentes)	
25-50%	1 crédito
51-75%	2 créditos
76-100%	4 créditos

Tabla 3
Valoración de la conservación de recursos (II).

Materiales recuperados / recuperables	
25-50%	1 crédito
51-75%	2 créditos
76-100%	3 créditos

Dentro del marco de sostenibilidad, se propone con carácter obligatorio para cualquier edificio o instalación de cualquier tamaño, un mínimo del 20% de reducción del posible escombros a vertedero. Para introducir este novedoso concepto, se propone el siguiente método de cálculo de reducción de residuos basado en la aplicación del ábaco propuesto por Guy (26).

El método para calcular la reducción de residuos es:

- 1) Cálculo del volumen total construido (largo (l) x ancho (a) x alto (h)), expresado en m³.
- 2) Entrada en el ábaco de reducción de residuos de la Tabla 4 con el valor obtenido en el cálculo de "Recuperación de materiales" como % Recuperación.
- 3) Búsqueda de la intersección de la fila, que es el rango de volumen construido y la columna, que es el rango de porcentaje de recuperación. El número de créditos a otorgar para la reducción de residuos es la intersección de estas dos franjas de información, con un total de créditos máximos posibles de 10.

Por ejemplo, a un edificio de 15 m de largo, 10 m de ancho y 12 m de alto (volumen construido de 1.800 m³), supuesta una recuperación del 45%, le correspondería 1 crédito. Por contra, a un edificio de 50 m de largo, 18 m de ancho y 20 m de altura (volumen construido de 18.000 m³), con la misma recuperación del 45%, le corresponderían 6 créditos (Tabla 4).

Para la valoración de la recuperación de residuos se requiere la siguiente documentación: planos y mediciones del edificio y/o instalaciones que demuestren el volumen total edificado; facturas y recibos para todo el

material recuperado y reciclado que documenten la venta de los materiales en la obra a almacenes, agentes intermediarios, compradores directos y su ausencia de traslado a vertedero.

La planificación

A su vez, se divide en cuatro subcategorías: nuevos usos, industria de la construcción, desarrollo de la comunidad y plan de gestión de materiales.

Nuevos usos: se aplica cuando la demolición se realiza para retirar una construcción o instalación, permitiendo el uso de una infraestructura urbana existente para el redesarrollo. O bien si, tras la demolición del edificio, se tiene prevista la creación de un espacio verde, o en el caso de que se mitigue el daño futuro de desastres naturales, quitando edificios en áreas propensas a verse afectadas por dichos desastres. En la Tabla 5 se muestra la valoración de créditos correspondiente a nuevos usos, con 2 créditos como máximo.

Industria de la construcción: los créditos de la industria de la construcción se dirigen a validar la infraestructura que hará económicamente viable la recuperación de materiales (Tabla 6), con un total de 3 créditos posibles.

Desarrollo de la comunidad: la demolición selectiva puede soportar parte del desarrollo económico de una comunidad, creando puestos de trabajo, fomentando la enseñanza de habilidades e incentivando la utilización de materiales de construcción que se puedan costear. Al mismo tiempo, debe premiarse el mantenimiento de instalaciones históricas irremplazables, así como el respeto

Tabla 4
Ábaco de reducción de residuos.

Volumen construido / (l · a · h, en m ³)	>19.620	P	6	8	10	10	10
	<19.620	P	4	6	8	10	10
	<11.772	P	2	4	6	8	10
	<5.886	P	1	2	4	6	8
	<1.962	P	0	1	2	4	6
	<654	P	0	0	1	2	4
		20	20-35	36-50	51-65	66-80	81-100
Recuperación (%)							

Tabla 5
Nuevos usos. Valoración de créditos.

Créditos posibles	Uso del suelo	Documentación requerida
1	El desmantelamiento selectivo es la mejor opción después que opciones de rehabilitación y nueva reubicación se estimen no factibles	1. Carta de compromiso del representante legal de la compañía
1	Construcción zonas deprimidas, mitigación en áreas naturales o eliminación de escombros de desastres naturales sin que haya reconstrucción	La carta y/o mapa indicando lugar y previsiones futuras de construcción en sitio urbano, o preservación en sitio rural

Tabla 6
Industria de la construcción. Valoración de créditos.

Créditos posibles	Industria de la construcción	Documentación requerida
1	Certificado de primera instancia de una DSS	1. Carta de empresa que hará deconstrucción
1	Si el proyecto combina la deconstrucción y la venta de materiales o el negocio de reciclaje	1. Carta del Contratista indicando que el aprovechamiento o reciclaje forma parte de su actividad de deconstrucción
1	Si el DSS se usa para obtener el permiso que valide una demolición en cuanto a gestión y reciclaje de residuos	1. Copia de la ordenanza o regulación local que exige gestión y reciclaje de residuos de construcción para obtener el permiso

y puesta en valor del patrimonio industrial, como se defiende en Rodríguez *et al.* (27) y Rodríguez (28). La certificación propone asignar un crédito para la reubicación de construcciones no catalogadas, como componente importante de la memoria arquitectónica y del desarrollo de una comunidad. En la Tabla 7 se muestra la valoración de créditos correspondiente al desarrollo de la comunidad (máximo de 3 créditos).

Plan de gestión de materiales: una planificación detallada es esencial y para ello es necesario asegurarse que tanto contratista como los trabajadores son conscientes de que las técnicas para la recuperación del material mejorarán las tasas de recuperación. El flujo de materiales generados en la demolición es tan complicado (y necesita estar tan cuidadosamente coordinado) como la entrada de materiales durante el proceso de construcción. La estrategia fundamental de la planificación de la demolición sostenible pasa por tener previsto el uso o el mercado de

destino para los materiales recobrados antes del comienzo de la obra de demolición. El desarrollo de estrategias de ventas para los materiales recobrados (ventas *in situ*, ventas en masa, uso de medios de comunicación, diseño para aprovechamiento de materiales en nuevos proyectos) son, además, la base para una alta tasa de recuperación. La Tabla 8 muestra la valoración de créditos, un máximo de 2.

Seguridad y salud medioambiental

Esta categoría engloba la seguridad de los trabajadores y la gestión de materiales peligrosos que han de ser manipulados, con los riesgos que ello conlleva. La seguridad y salud de los trabajadores ha de entenderse como una prioridad que va más allá de lo legalmente exigido. Engloba las subcategorías de seguridad de los trabajadores, materiales peligrosos y trabajo seguro.

Tabla 7
Desarrollo de la comunidad. Valoración de créditos.

Créditos posibles	Desarrollo de la comunidad	Documentación requerida
1	Uso de un programa de prácticas de trabajo o fomento del aprendizaje	1. Carta de la empresa formadora con el contenido del programa y el listado de preparadores que trabajarán durante el desarrollo del proyecto
1	Porcentaje de materiales recobrados que son donados sin fines de lucro o uso de materiales costeables en la construcción de nueva vivienda	1. Carta indicando cantidad y uso, de los materiales reutilizados para soportar el coste de la creación de nueva vivienda y compromiso de no recibir beneficio en la reutilización
1	Reubicación de construcciones no catalogadas	1. Carta de Patrimonio indicando que el edificio no está catalogado

Tabla 8
Gestión de materiales. Valoración de créditos.

Créditos posibles	Plan gestión de materiales	Documentación requerida
1	La demolición está directamente asociada con una rehabilitación o construcción que utiliza los materiales recuperados	1. Listado de materiales recuperados que serán reutilizados antes de un año en el mismo sitio u otros proyectos 2. Carta de compromiso del Contratista de utilización de los materiales listados en proyecto específico detallado
1	El 50% de los materiales recuperados está distribuido dentro de un radio de 100 km del emplazamiento de la obra en el primer traslado desde la misma	Carta de compromiso del contratista indicando destino de al menos el 50% del material recuperado en un radio de 100 km del emplazamiento de la obra en el primer traslado desde la misma

Seguridad de los trabajadores: la supervisión y la formación son prerequisites para un proyecto seguro y un trabajo eficiente. La prevención de accidentes ha de entenderse como una responsabilidad compartida de todos los miembros de la empresa contratista. Aunque la seguridad tiene su recompensa en la ausencia de accidentes, es común en el sector de la construcción un programa de incentivos para que los trabajadores excedan los mínimos y reciban premios a la práctica preventiva. Algunos programas de incentivos se basan en la imagen de la compañía y otros en bonos salariales u otras clases de beneficios en especie (comidas, regalos, premios). La salud del trabajador y la productividad son la base de cualquier empresa exitosa y partiendo de que el certificado DSS se basa en exceder los mínimos, los créditos para la formación y las recompensas a la práctica preventiva son componentes importantes de la certificación. De hecho, se le ha asignado un peso significativo, pues pueden concederse hasta 9 créditos (Tabla 9).

Materiales peligrosos: la certificación DSS requiere la correcta manipulación y gestión de todos los materiales peligrosos. Sabido es que la deconstrucción puede implicar más manipulación manual que la demolición mecánica tradicional, por lo que los trabajadores pueden estar supeditados a una mayor exposición a riesgos. La valoración de créditos se muestra en la Tabla 10, en la que se han definido prerequisites (letra "P"). El número total posible de créditos correspondiente a materiales peligrosos es $P+P+3+3 = 2P+6$.

Trabajo seguro: es fundamental un ambiente de trabajo seguro para todo el personal involucrado en la demolición.

Por eso, los elementos del Trabajo Seguro de la certificación DSS son todos prerequisites, tal como se muestra en la Tabla 11, con lo que el total de créditos posibles es 4P.

Créditos extras

Se pueden asignar hasta dos créditos extra, uno por innovaciones en la recuperación y otro por reutilización de materiales (en especial, el aprovechamiento de la madera).

Aplicación al caso práctico

Con todo lo anterior, en la Tabla 12 se muestra el formulario completo de la certificación propuesta, aplicado al ejemplo práctico de la azucarera. La asignación se ha realizado a posteriori, ya que la obra se ha desarrollado en base a la normativa vigente en la actualidad, pero ilustra el estado actual de la ejecución segura y sostenible de una demolición y desmantelamiento tipo, correctamente ejecutada.

Emplazamiento: existe una zona arbolada y una zona verde vinculada a la subestación eléctrica. La primera ha sido retirada sin reposición alguna y la segunda se ha preservado. Dentro del Plan de Seguridad y Salud del Contratista, se presenta un Plan de Obra indicando las zonas de tránsito y de acopios, si bien no se aporta una evaluación de impactos medioambientales específica, aunque el proyecto de ejecución sí hace referencia al respecto. En base a esto se asignan 2 créditos de los cinco posibles.

Recuperación de materiales: las instalaciones y equipos metálicos se han recuperado en su totalidad; también se ha

Tabla 9
Salud de los trabajadores. Valoración de créditos.

Créditos posibles	Salud de los trabajadores	Documentación requerida
3	El Contratista o supervisor de la obra ha recibido formación específica en demolición	Certificación por Organismo especializado o entidad acreditada
3	Los trabajadores se han formado por la A.N. de Contratistas de Demolición o INSHT sobre seguridad en demolición	Plan de formación en demoliciones seguras y sostenibles para los trabajadores del contratista
3	Plan de incentivos a las buenas prácticas preventivas creado e implementado en obra	Registro sin accidentes graves los últimos 6 meses

Tabla 10
Materiales peligrosos. Valoración de créditos.

Créditos posibles	Materiales peligrosos	Documentación requerida
P	Inscripción en el RERA si existen materiales conteniendo amianto	Copia
P	El plan de trabajo aprobado es desarrollado e implementado	Si el edificio contiene pinturas con plomo, el plan debe incluir todos los requisitos de seguridad y salud
3	Cualquier material con pinturas con base de plomo, con plomo superior al 0.06% son depositadas o minoradas antes de la distribución	Conocimiento por parte de la autoridad de deconstrucción
3	El plan de trabajo incluye, además de asbestos, pinturas, refrigerantes, productos químicos, PCB's, etc.	Descripción de materiales peligrosos y facturas de depósito de materiales peligrosos

recuperado el ladrillo refractario del horno de cal y traviesas de antiguas vías. El hormigón y escombros resultante de la demolición se ha utilizado íntegramente *in situ* como relleno en la zona de silos, fosos de básculas y en la clausura de una de las balsas de decantación vinculadas al proceso productivo de la fábrica. No se pueden considerar aptos como material para relleno los escombros resultantes de la demolición mecánica, ya que fueron depositados sin ninguna trituración ni cribado previos. Puesto que la tipología de las instalaciones suponía un volumen mayoritario de material férreo, se considera una recuperación total de materiales del 60%. Por ello, se han asignado 2 créditos.

Reducción de residuos: con la recuperación del 60% y un volumen construido total de 13.147 m³, se obtienen 8 créditos.

Nuevos usos: la demolición de la fábrica no está vinculada a una nueva infraestructura ni se prevé crear zona verde; a priori, el promotor prevé ubicar una nueva planta alcohólica. Por ello no se considera susceptible de crédito alguno.

Industria de la construcción: se ha combinado la venta de equipos e instalaciones para su montaje en otras plantas y la venta para reciclaje ya comentada anteriormente. El contratista principal está acreditado como gestor de residuos no peligrosos en las categorías vinculadas a la obra. Asimilando el desmontaje de equipos para su reutilización como deconstrucción, se asigna 1 crédito.

Desarrollo de la Comunidad: únicamente podría asimilarse la venta de instalaciones para su montaje en otra planta industrial, como reubicación de construcciones no catalogadas. Puesto que esta circunstancia ya ha sido valorada en otra categoría, no se han asignado créditos en esta categoría.

Plan de gestión de materiales: ya que todo el material férreo es retirado *in situ* por los grandes compradores, se considera que el 50% de los materiales recuperables está distribuido dentro de un radio de 100 km del emplazamiento de la obra, en el primer traslado desde la misma. Se ha asignado 1 crédito.

Tabla 11
Trabajo seguro. Valoración de créditos.

Créditos posibles	Trabajo seguro	Documentación requerida
P	El chequeo pre-demolición por parte de un ingeniero es requerido y ha de ser usado en la preparación del plan de trabajo	Copia del certificado emitido por un ingeniero sobre el proyecto
P	Plan de Seguridad y Salud	Copia del Plan de Seguridad
P	Coordinador de seguridad y salud	Designación Coordinador de Seguridad y Salud
P	Garantizar ausencia de servidumbres antes del comienzo de la obra	Copia de corte de servidumbres

Tabla 12
Formulario tipo de certificación y aplicación a caso práctico.

Formulario de certificación				
Categoría	Créditos posibles	Requisitos previos	Créditos adicionales	Caso práctico
El edificio	25	P		
Sitio	5			2
Materiales recuperados	7			2
Reducción de residuos	P+10			8
Planificación	10			
Uso del suelo	2			0
Industria de la construcción	3			1
Desarrollo de la Comunidad	3			0
Plan de Gestión de Materiales	2			1
Seguridad y salud medioambiental	15	P		
Seguridad de los trabajadores	9			3
Materiales peligrosos	(2P+6)			0
Trabajo seguro	4P			0
Créditos bono	2			
Innovaciones	1			0
Recuperación de madera	1			0
Total créditos posibles	P+50+2			17

Seguridad de los trabajadores: en esta demolición no se ha aplicado ningún plan de incentivos por buenas prácticas preventivas. La formación en prevención de riesgos laborales de los trabajadores es la legalmente obligatoria, impartida por los respectivos Servicios de Prevención ajenos. Como ha habido en obra con dos Técnicos en Prevención de Riesgos Laborales de Nivel Intermedio, se asignan 3 créditos.

Materiales peligrosos: se han cumplido los requisitos previos para la gestión de placas de fibrocemento de cubiertas.

Trabajo seguro: se han cumplido los requisitos previos en materia de seguridad laboral marcados por la legislación vigente.

Créditos extra: no se ha realizado ninguna innovación en la deconstrucción ni en la recuperación de materiales. No son, por tanto, susceptibles de valoración.

Sumando los distintos créditos obtenidos (2+2+8+1+1+3), el total asciende a 17 créditos. Por tanto, el proyecto analizado no alcanzaría los 25 créditos necesarios para obtener la certificación DSS como segura y sostenible. A pesar de la recuperación total de todos los materiales metálicos para su reciclaje, la valoración resultante inferior a la mínima necesaria para obtener la certificación segura y sostenible, da una idea de la situación actual en el sector. Por ello, la limitación al cumplimiento de mínimos en la legislación vigente dista claramente de las exigencias del desarrollo sostenible. De esta manera, se demuestra la necesidad de disponer una herramienta como el sistema de certificación propuesto, que permita garantizar, antes del comienzo de la demolición, que los trabajos que se van a realizar serán promovidos, dirigidos y ejecutados en conformidad con el desarrollo sostenible.

4. CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha realizado una revisión del estado del conocimiento enfocado desde la perspectiva sostenible, analizando la normativa específica existente en España y la no específica implícitamente relacionada con la ejecución de una demolición, constatando las carencias normativas existentes; esto provoca un cumplimiento a nivel de mínimos por parte de los actores implicados.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Salas, J., Oteiza, I.: "La industria de materiales básicos de construcción ante las ingentes necesidades actuales de edificación", *Mater Construcc.*, vol. 58 (2008), pp. 129-148. Doi:10.3989/mc.2008.46408
- (2) European Commission, Environment Directorate-General LIFE and waste recycling. Innovative waste management options in Europe, European Communities, Belgium (2007).

A su vez, con el análisis de las condiciones y circunstancias que inciden en la ejecución segura y sostenible de una demolición, se ha desarrollado una metodología basada en un modelo de Código que engloba los requisitos mínimos establecidos en la legislación vigente en España, el desarrollo actual de la técnica y otros requisitos adoptados en países desarrollados hacia los cuales se ha de tender necesariamente. En este sentido, se ha desarrollado una herramienta en forma de sistema de créditos que permite calificar una demolición como segura y sostenible; además, permitiría evaluar antes del comienzo de la obra a los posibles contratistas que vayan a realizarla. La aplicación del sistema a una demolición ejecutada según los estándares de cumplimiento de mínimos demuestra que una obra estándar no cumpliría los requisitos de sostenibilidad y seguridad, aunque esté dentro del marco legal.

Por ello, en el transcurso de la investigación se ha pretendido diseñar un modelo de normalización de la ejecución segura y sostenible que tenga en cuenta la complejidad y grado de especialización inherentes a este tipo de obras y que cubra la laguna existente en la actualidad en normativa, aplicación y estandarización de procedimientos.

El reciente Real Decreto 105/2008 (19) contempla la inclusión en el proyecto de demolición de una estimación de la cantidad de los RCD's que se generarán en obra así como de las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a las que se destinarán los residuos. Este avance en fase de proyecto dentro del marco de sostenibilidad, refuerza lo propuesto en este trabajo y crea las condiciones para el establecimiento de una normativa específica y actualizada sobre demoliciones y desmantelamientos que permita "demoler bien para construir mejor" y dar un valor a lo, hasta ahora, considerado como desperdicio.

El código propuesto y validado mediante el ejemplo práctico expuesto sería aplicable a otros países, en especial los países emergentes, en que el volumen de demoliciones crecerá exponencialmente en los próximos años a medida que sus economías se incorporen a la sociedad más desarrollada tecnológicamente. Además, este código en un futuro próximo y continuando con la línea de investigación, podría incorporar unidades de obra normalizadas, costes y priorizar las actuaciones más sostenibles (como por ejemplo, la reconversión de una zona a demoler en usos que generen beneficio social).

- (3) Varios autores: *Manual de demoliciones, reciclaje y manipulación de materiales*, Fuego Editores, Madrid (2003).
- (4) ANEFA: El sector de los áridos en 2007, Boletín informativo, Anefa, Madrid (2008).
- (5) Correia, S. L., Souza, F. L., Dienstmann, G., Segadães, A. M.: "Assessment of the recycling potential of fresh concrete waste using a factorial design of experiments", *Waste management*, vol. 29 (2009), pp. 2886-2891. Doi:10.1016/j.wasman.2009.06.014
- (6) Norma Tecnológica de la Edificación. NTE-ADD/1975. Orden del 10/02/1975. Acondicionamiento del terreno. Desmontes, demoliciones, BOE del 15/02/1975 y 22/02/1975, nº 40 y 48 (1975).
- (7) GEHO-CEB, Grupo español del hormigón, Demolición y reutilización de estructuras de hormigón, Ed. CICCIP (1997).
- (8) González Fernández, J.: *Demolición y Desmantelamiento. Código de Ejecución Segura y Sostenible*, Universidad de Oviedo (2009).
- (9) British Standards 6187: Code of Practice for Demolition, British Standards Institution (2000).
- (10) Envirocentre LTD, Demolition Protocol, Commissioned by London Remade (2008).
- (11) Symonds Group Ltd., ARGUS, COWI, PRC Bouwcentrum, Construction and demolition waste management practices, and their economic impacts, Final report to DGXI, European Commission (1999). Available at: http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/cdw/cdw_report.htm
- (12) Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Monografía sobre residuos de construcción y demolición, Gobierno Vasco, 46 p. (2004).
- (13) Ministerio de Obras Públicas, Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). 301 Demoliciones (1976).
- (14) Orden FOM/1382/02, de 16 de mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones, Ministerio de Fomento (2002).
- (15) RD. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, BOE nº 256, de 25 de octubre (1997).
- (16) Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo, INSHT, Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de Construcción, Min. Trabajo y Asuntos Sociales (2003).
- (17) RD. 314 de 17 de marzo de 2006, Código Técnico de la Edificación, Ministerio de Vivienda (2006).
- (18) RD. 1247/2008, de 18 de julio, Instrucción española de hormigón estructural (EHE-08) (2008).
- (19) R. D. 105/2008, de 1 de febrero por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (BOE nº 38 de 13 de febrero) (2008).
- (20) IFARE-DFIU/CSTB: Déconstruction sélective. Etude scientifique de la déconstruction sélective d'un immeuble a Mulhouse (1996).
- (21) Occupational Safety and Health Service Department of Labour, Wellington. Approved Code of Practice for Demolition, New Zealand (1997).
- (22) Toraño, J., Rodríguez, R., Diego, I., Menéndez, M.: "Environmental impact of rock excavation in urban areas: comparison between blasting and hydraulic breaker hammer", *Civil Engineering and Environmental Systems*, vol 23(2) (2006), pp. 117-126. DOI: 10.1080/00207720600747442.
- (23) Guerin, T.: "Can there be a win-win outcome in the sustainable mining debate?", *Asian Journal of Mining*, vol. 34 (2000), pp. 11-14.
- (24) Díaz Aguado, M. B., González, C.: "An empirical index to evaluate the sustainability of mining projects", *International Journal of Environment and Pollution*, vol. 33 (2/3) (2008), pp. 336-359. <http://inderscience.metapress.com/openurl.asp?genre=article&issn=1741-5101&volume=33&issue=2&spage=336>.
- (25) RD. 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto (2006).
- (26) Guy, B.: *Green Demolition Certification*, University of Florida, Powell Centre for Construction and Environment (2003).
- (27) Rodríguez Díez, R., Díaz Aguado, María B., García Suárez, M.: "La Ruta de los Túneles: evolución de los túneles de los antiguos ferrocarriles mineros en Asturias, España (1850-1950)". X Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. Cáceres (España) (2009).
- (28) Rodríguez Díez, R.: "Tunnels of the ancient mining railways (1850-1950): an important industrial heritage", *Industrial Patrimony/Patrimoine de l'industrie*. TICCIH, Dic. (2008), 55-76.

* * *