

Capítulo II



Generación de gravas recicladas.



Fuente: Ferrer J.L., *Sostenibilidad en Ingeniería Civil y Reciclaje de Residuos*, Catedra Mariano López Navarro, Zaragoza, 1y-2 de Abril 2008.

CAPITULO II.

II.1.- PROCESOS DE PRODUCCIÓN.

II.1.1.- Definiciones.

Se entiende por residuos de construcción y demolición (RCD), a cualquier sustancia u objeto que, se genere de la construcción o demolición. En función de la naturaleza de los residuos de origen, las gravas recicladas se pueden clasificar en:

1.-	Los procedentes del concreto.
2.-	Las gravas recicladas cerámicas.
3.-	Las gravas mixtas, cuando proceden de una mezcla de residuos de distinta naturaleza. [12]



Fig. II.1.1.- Gravas recicladas cerámicas.

FUENTE.- Revista Ambianta, *Reutilización y reciclaje de los residuos del sector de la construcción*, Cauchí A. y Sagrera A., España, 2007.

II.1.2.- Definición de concreto reciclado.

Se entiende por concreto reciclado al concreto fabricado con gravas recicladas o una mezcla de agregado reciclado y grava natural. Los numerosos estudios realizados hasta el momento han analizado la influencia que tienen sobre el concreto la utilización de la grava gruesa y el agregado fino reciclado.^[7]

II.1.3.- Pliego de condiciones técnicas de gravas (España).

Definición y características de los elementos.

Agregados utilizados para alguno de los siguientes usos:

- Confección de concreto.
- Confección de mezclas grava-cemento para pavimentos
- Material para drenajes
- Material para pavimentos.

Su origen puede ser:

- Gravas naturales, procedentes de un yacimiento natural.
- Gravas naturales, obtenidos por machaqueo de rocas naturales.
- Gravas procedentes de escorias siderúrgicas.
- Gravas procedentes del reciclaje de residuos de la construcción o demoliciones, provenientes de una planta legalmente autorizada para el tratamiento de este tipo de residuos.

Los agregados naturales pueden ser:

- De piedra granítica.
- De piedra caliza.

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

Los agregados procedentes del reciclaje de derribos de la construcción que se han considerado son los siguientes:

- Gravas recicladas procedentes de construcciones de ladrillo.
- Gravas recicladas procedentes de concreto.
- Gravas recicladas mixtas.
- Gravas recicladas prioritariamente naturales.

II.1.4.- Características generales de las gravas como producto del reciclaje.

Los agregados procedentes de reciclaje de derribos no contendrán en ningún caso restos procedentes de construcciones con patologías estructurales, tales como cemento aluminoso, áridos con sulfuros, sílice amorfa o corrosión de las armaduras.

Los gránulos tendrán forma redondeada o poliédrica.

La composición granulométrica estará en función de su uso y será la definida en la partida de obra en que intervenga, o si no consta, la fijada explícitamente por la disposición final.

Estarán limpios y serán resistentes y de granulometría uniforme. No tendrán polvo, suciedad, arcilla, margas u otras materias extrañas.

Diámetro mínimo: 98% retenido tamiz 4 (UNE_EN 933-2).

II.1.5.- Agregados procedentes del reciclaje de residuos de la construcción y demoliciones.

El material ha de proceder de una planta legalmente autorizada para el tratamiento de residuos de la construcción.

El material no será susceptible de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse en el lugar de empleo.

No han de dar lugar, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras, capas de firmes, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

Elementos de la familia	Precio
Costo de grava de agregado reciclado de concreto de 20 a 40 mm.	13,09 €/t
Costo de grava de agregado reciclado de concreto de 40 a 70 mm.	13,09 €/t
Costo de grava de agregado reciclado mixto concreto-cerámico de 20 a 40 mm.	12,05 €/t
Costo de grava de agregado reciclado mixto concreto-cerámico de 40 a 70 mm.	12,05 €/t

Tabla II.1.5.- Precios de gravas recicladas (España).

Fuente.- www.construmatica.com, fecha de consulta 20 octubre 2008.

II.2.- RECUPERACIÓN.

II.2.1.- Demolición selectiva en el lugar de origen.

Primeramente se debe de evitar que los escombros del concreto se mezclen con tierras y se reduzca al máximo el contenido de otros materiales de construcción que resultan indeseables.

Es conveniente separar los escombros de mampostería y los del concreto durante el proceso de demolición para evitar así, tratamientos posteriores.

Es necesario planificar y dirigir los trabajos de demolición de una manera completamente diferente a los métodos tradicionales. Este tipo de selección se realiza de la manera contraria al proceso de construcción e implica los siguientes pasos:

- | | |
|-----|--|
| 1.- | Sacar los desechos y las molduras no fijas (a mano). |
| 2.- | Desmantelar los elementos no fijos como: puertas, ventanas, tejados, instalaciones de agua, electricidad y calefacción, etc. |
| 3.- | La demolición de la estructura (con martillo, voladura, etc.). ^[17] |

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.



Fig. II.2.1 Acopio de materia prima (der.) y obtención de agregados (izq.).

FUENTE.- Domínguez Lepe J. y Martínez L., *Artículo de investigación*, Ingeniería, 2007.

En una primera aproximación, los materiales contenidos en los RCD que técnicamente son aprovechables se pueden clasificar de la siguiente forma:

- *Materiales reutilizables*, constituidos fundamentalmente por piezas de acero estructural, elementos de maderas de calidad y/o recuperados en buen estado, piezas de fábricas (ladrillo, bloque, mampostería), tejas (cerámicas y de pizarra) y tierras de excavación. En ciertos casos, la mezcla de residuos de demolición no seleccionados pero libres de "impurezas" puede ser directamente utilizada como material de relleno, sub-bases de carreteras o pavimento en vías temporales de tránsito de vertederos.

- *Materiales reciclables*, constituidos fundamentalmente por metales (férreos y no férreos), plásticos y vidrio. Estas fracciones, en la medida que pueden recuperarse libres de impurezas, son susceptibles de incorporarse al mercado del reciclado para dar lugar a los mismos o similares productos que originaron el residuo.

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

• *Materiales destinados a la fabricación de productos secundarios*, aparte de los metales, plásticos y vidrio que, además de reciclarse se pueden destinar a este fin, son fundamentalmente los materiales pétreos, cerámicos (ladrillos), concreto y pavimentos bituminosos los que pueden dedicarse a la fabricación de productos secundarios. ^[1]

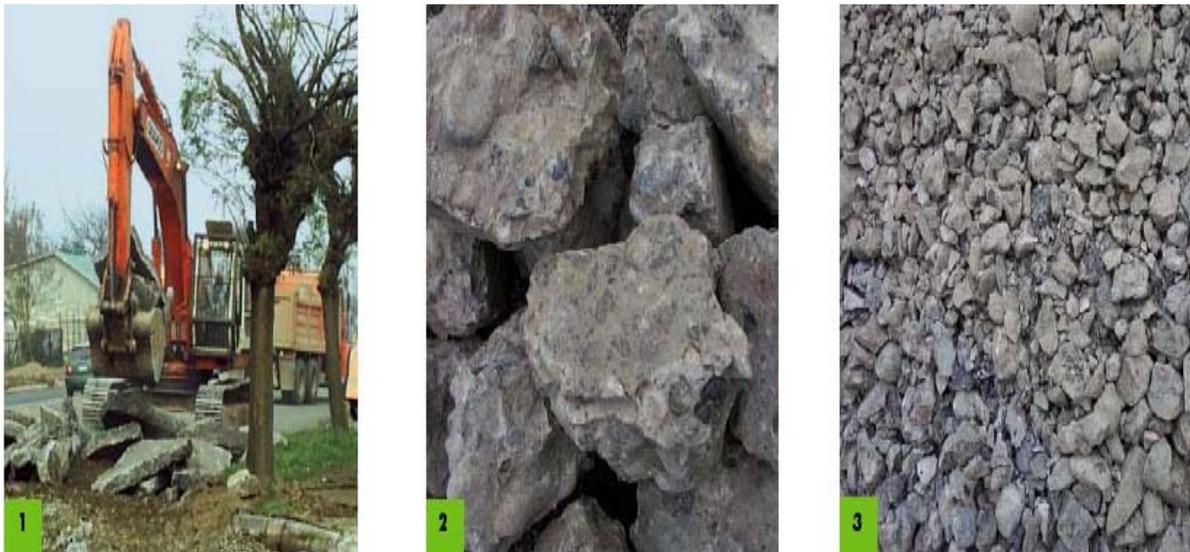


Fig. II.2.1.1.- Procesos de la recuperación del concreto.

FUENTE.- Revista "Investigación", *Reutilización de residuos de concreto*, Chile.

II.2.2.- Proceso de reciclaje de los RCD's

II.2.2.1.- Pesaje.

El proceso comienza con la llegada de los residuos a la planta en camiones que acceden al recinto donde se supervisa la carga controlando el origen, tipo, características y pesados en la báscula y posteriormente descargan los residuos en la zona de descarga. ^[11]

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.



Fig II.2.2.- Fotos donde se muestra la inspección visual del residuo para su caracterización (izquierda) y pesaje del vehículo de transporte.(derecha).

FUENTE.- *Tratamiento del R.C.D. en planta, INTE RCD, Huelva España,*

Diagrama descriptivo.



fig. II.2.3.- Esquema general de planta de trituración.

FUENTE.- Plan de escombros y residuos de obras de la provincia de Córdoba, España, 2005.

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

II.2.2.2.- Separación primaria.

Consiste en la separación de los materiales voluminosos y otros valorizables, del pétreo que se va a tratar en la planta. Puede realizarse manualmente o combinado con medios mecánicos.

Para la separación de los materiales en un conjunto tan heterogéneo como el que se recibe en las plantas de tratamiento de RCD se precisa, en primer lugar, que los componentes se encuentren debidamente liberados y que posean tamaños y formas manejables. Las operaciones unitarias que se pueden realizar en la planta de tratamiento se describen en orden de menor a mayor complejidad.



Fig II.2.2.- Foto donde se aprecia la separación elemental de los RCD's.

FUENTE.- Tratamiento del R.C.D. en planta, INTE RCD, Huelva España,

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

II.2.2.3.- Clasificación de los residuos de la construcción y demolición de acuerdo a su peligrosidad.

Entre los RCD`s, en función de su peligrosidad, se pueden distinguir:

- . inertes
- . peligrosos
- . no inertes

Algunos RCD inertes se pueden reciclar con relativa facilidad y suelen utilizarse como componentes de nuevos materiales (gravas para concreto, sub-bases, componentes de prefabricados, etc., otros se han de eliminar.

Los RCDs peligrosos y/o no inertes requieren de un tratamiento específico que asegure una gestión adecuada y la no interferencia en la reciclabilidad del resto.



PRODUCTO / MATERIAL	COMPONENTE POTENCIALMENTE PELIGROSO
Aditivos para el concreto	Hidrocarburos disolventes
Materiales a prueba de humedad	Disolventes, bitúmenes
Adhesivos, masillas, sellantes	Disolventes
Amianto y otras fibras	Fibras inhalables
Madera tratada	Alquitrán, funguicidas, etc.
Sobras de resistentes al fuego	Compuestos halogenados
Pinturas y recubrimientos	Disolventes, plomo, cromo, vanadio
Iluminación	Sodio, mercurio

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

Sistemas de acondicionamiento de aire y contra incendios	CFCs
Productos animales	Componentes biopeligrosos
Yesos y placas prefabricadas	Posible sulfuro de hidrógeno

TABLA II.2.3.- Elementos potencialmente peligrosos de los RCD's.

FUENTE.- Apuntes "Medio Ambiente y los materiales", García V., España, 2006.

En México se debe de crear un plan que obligue a los productores de Residuos de la construcción y demolición (RCD), como se hace Europa el cual exige:

- En el momento de solicitar licencia de obras de construcción o demolición deben presentar un contrato con algún gestor autorizado para gestionar los residuos que se generen.
- Incorporar en el proyecto de ejecución los siguientes contenidos:
 - a. Evaluación del volumen y las características de los residuos que se originen.
 - b. Evaluación, en su caso, de los residuos (tierras y desmontes no contaminados que no necesiten ningún tipo de tratamiento y se pueda destinar directamente a restauración de canteras.
 - c. Medidas previstas de separación en o reciclaje in situ durante la fase de ejecución de la obra.
 - d. Valoración económica del coste de una gestión adecuada de los residuos.
- Depositar una fianza en el municipio o el ayuntamiento correspondiente, ya sea, en caso de obra menor o mayor, en el momento de obtener el permiso.
- Realizar la separación de los residuos en origen, siempre que sea técnicamente posible, de las siguientes fracciones de residuos no peligrosos:
 - a. Residuos inertes (cerámicos, restos de concreto, tierras y similares).

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

b. Restos de residuos: envases de cualquier tipo, restos metálicos, restos de madera, plásticos, similares y otros residuos no peligrosos.

- Responsabilizarse del transporte de los residuos hasta el centro de transferencia y pre-tratamiento o plantas de tratamiento.
- Abonar los costes que genere la gestión de los residuos. ^[10]

II.2.2.4.- Trituración primaria.

La trituración es un proceso de reducción de materiales comprendido entre los tamaños de entrada de 1 m a 1 cm., diferenciándose en trituración primaria (de 1 m a 10 cm.) y trituración secundaria (de 10 cm. a 1 cm.) ^[12]

Este proceso reduce el tamaño del escombros y, a la vez, se consigue la liberación de los materiales, como en el caso del hierro del concreto armado. Se distingue entre trituración primaria y secundaria según sea el tamaño alimentado y la granulometría del producto requerido.

TRITURACIÓN PRIMARIA	TRITURACIÓN SECUNDARIA
Machacadora de mandíbulas.	Machacadora de conos o giratoria.
Machacadora de mandíbulas.	Machacadora de impacto.
Machacadora de impacto.	Machacadora de impacto.

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

Machacadora de impacto.

Tabla III.3.1.- Tipos de trituradoras empleadas.

FUENTE.- Sánchez de J., Marta, Tesis: Áridos reciclados, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España, 2004.

Los equipos utilizados son los siguientes:

El triturador de rodillo, de flujo horizontal reduce el tamaño de acuerdo con la proximidad de la base del alimentador de placas que le suministra material. Tiene la ventaja de poder situarse a nivel del suelo o con una rampa de inclinación mínima, lo que le hace muy ventajoso para la trituración de vigas de concreto de gran longitud.

Las machacadoras de mandíbulas, de flujo horizontal o vertical. Son de construcción muy robusta, con gran abertura de entrada para elementos voluminosos y fiabilidad de funcionamiento. El inconveniente de estas máquinas es que producen materiales de baja cubicidad, y su ventaja es que sufren menores desgastes aún con materiales muy abrasivos. ^[16]

Separador magnético.

Por la separación magnética se retiran elementos metálicos valorizables o que entorpecen la fase siguiente del proceso. Son máquinas del tipo overband (sobre banda). Detrás de toda trituración debe existir una separación magnética que elimine los materiales metálicos liberados, por las siguientes razones:

Los metales son materiales valorizables. De hecho, la armadura de acero del concreto es

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

un producto que se vende muy fácilmente en las instalaciones de reciclado de RCD.

Los agregados reciclados obtenidos a partir de RCD deben tener la mínima cantidad posible de metales, puesto que a mayor presencia de éstos en el árido, menor calidad del reciclado. Además, la presencia de materiales metálicos en la etapa de trituración secundaria reduce sensiblemente la vida útil de la maquinaria debido a su excesiva abrasividad.



fig. II.2.4.- Separador magnético.

FUENTE.- http://pdf.directindustry.es/pdf/drago-electronica/detector-de-metales-50613-32236.html#pdf_32236

II.2.2.5.- Separación secundaria.

Probablemente sea la operación más simple y suele situarse al principio del proceso, o intercalada en otras fases posteriores para facilitar la recuperación de productos valorizables o la eliminación de ciertos elementos que entorpecen el paso siguiente. Para realizar el estrío se

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

suelen instalar cintas transportadoras de banda ancha, rodillos planos y baja velocidad, montadas sobre una estructura elevada respecto al terreno, con pasillos a ambos lados sobre los que se disponen los operarios, que escogen los materiales a separar (metales, maderas, plásticos, etc.) y los depositan en unos buzones. En la parte baja se colocan los distintos contenedores que recogen los materiales seleccionados en el estrío. ^[16]

Estos materiales recuperados son compactados y enviados a industrias recicladoras, donde podrán ser transformados en subproductos aptos para su uso como materias primas.

Para retirar los posibles fragmentos de plásticos ligeros, como por ejemplo las bolsas de plástico (polietileno de baja densidad) se usa un aspirador neumático al final de la línea.

Los residuos ya clasificados en diferentes granulometrías tienen como destino las plantas reciclado o bien su puesta directa en el mercado. ^[15]



Fig. II.2.5.- Foto de separación secundaria.

FUENTE.- Tratamiento del R.C.D. en planta, INTE RCD, Huelva España,

II.2.2.6- Cribado por medio de Trommel.

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

Consistente en una máquina que discrimina los diferentes materiales existentes dentro del ella. Éste se basa en una gran centrifugadora que cuenta con un éxito importante a la hora de separar fundamentalmente los posibles restos y, por lo tanto, contaminar el resto de materiales muy fácilmente reciclables. Esta separación del resto también ayuda y facilita la selección manual posterior de otras fracciones. [14]

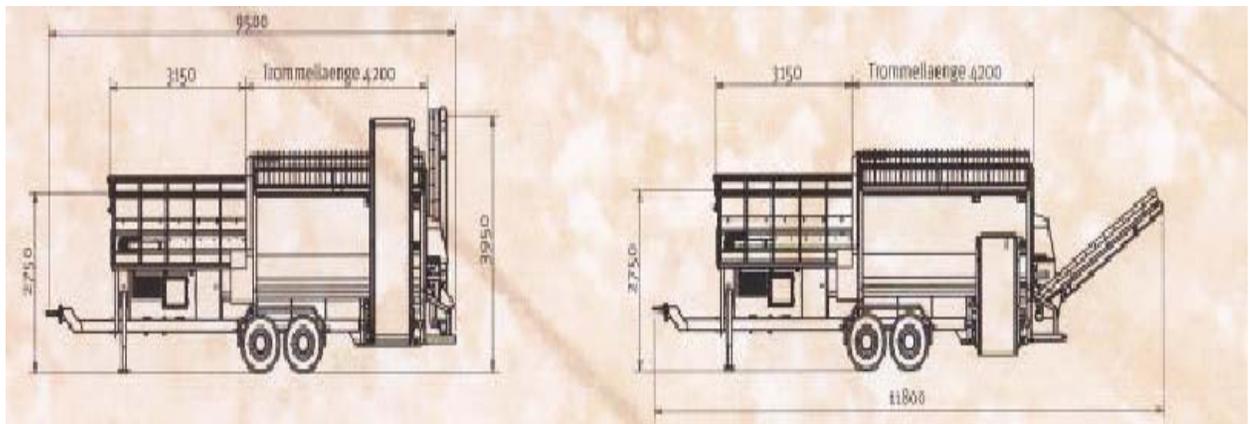


Fig. II.2.6.- Especificaciones técnicas cribadora rotatoria T4 (Terra Select).

FUENTE.- Catalogo Terra Select , www.terraselect.com.

Este equipo actúa como una criba rotatoria, compuesta por mallas de luz variables, separando los materiales en función de su tamaño. [17]



II.2.8.- Trituración secundaria.

Con esta segunda molienda se reduce el tamaño de partículas para tener un tamaño adecuado.

Para obtener los tamaños de partículas más pequeños se emplean molinos de martillos. Un molino de martillos, machaca un material que no es muy duro, por medio de martillos que giran a gran velocidad (entre 750 rpm. y 1800 rpm.). El material es forzado contra una placa sólida rugosa que disminuye el tamaño de las partículas. Finalmente, el material es forzado contra una rejilla de descarga en donde las partículas más finas caen a través de la rejilla mientras que las partículas más grandes viajan alrededor para otro ciclo machacante. ^[9]

II.3.- PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

II.3.1.- Clasificación por generación.

- *Plantas de primera generación:* Carecen de aditamentos para la eliminación de contaminantes, a excepción del acero y otros elementos mecánicos.
- *Plantas de segunda generación:* Añade al tipo anterior de planta mecanismos para la eliminación de contaminantes, ya sea, mecánicos o manuales previos a la trituración, también son proveídos de elementos de limpieza y clasificación del producto triturado.

- *Plantas de tercera generación:* Dirigidas a una reutilización prácticamente integral de otros materiales secundarios, considerados como contaminantes de los agregados regenerados.

II.3.2.- Clasificación por desplazamiento.

- **Plantas fijas:** Las Plantas fijas de tratamiento gestionan residuos muy heterogéneos. La heterogeneidad de los RCD obliga a equipar la Planta con maquinaria de gran robustez y sobredimensionada para la capacidad nominal prevista en otras aplicaciones.

Cuando se elige un emplazamiento para construir una Planta de RCD, se debe estimar no solo la cantidad de RCD generado en el radio de influencia de la Planta sino también la producción de material reciclado que se puede utilizar en la construcción del entorno. Se define el radio de influencia como la distancia para la cual al agente generador del residuo le resulta más rentable trasladar los RCD a la Planta que depositarlos en vertedero. ^[16]

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.



Fig III.3.2.- Características de una planta fija de tratamiento de RCD's.

FUENTE.- Planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición de Gardelegui, informe de explotación (21/05/07-31/01/08).

- Plantas móviles: Utilizan un remolque de lecho plano como plataforma para el equipo de pre-cribado, trituración, separación magnética y cribado final, junto con transportadoras, conductos y controles. [17]

Las plantas móviles tienen la ventaja de poder ubicarse temporalmente en los centros de generación del residuo con alta disponibilidad a plena carga. Se trasladan por un sistema de orugas (autopropulsadas) o con ruedas de neumáticos (necesitan de cabeza tractora para su traslado). El sistema de orugas es más costoso y está diseñado para el traslado frecuente de la maquinaria por terrenos irregulares y en mal estado. Para el traslado de la maquinaria por diversos emplazamientos fijos y separados por importantes distancias, es recomendable el sistema de neumáticos.

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.



Fig. II.3.2.1.- Planta trituradora móvil (Lokotrack LT1213S).

FUENTE.- Catalogo de Plantas trituradoras Serie Lokotrack, (www.metsominerals.com)

Las plantas móviles o semimóviles resultan más caras que las fijas por unidad de tonelaje tratado debido a su carácter compacto y sistema de movimiento. Igualmente son más selectivas en cuanto a la tipología y tamaño del escombros tratado, quedando limitada la calidad de sus productos a las operaciones unitarias que incluyen. Suelen ser de tipo modular, de forma que se puedan acopiar diferentes elementos según las necesidades. ^[16]

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

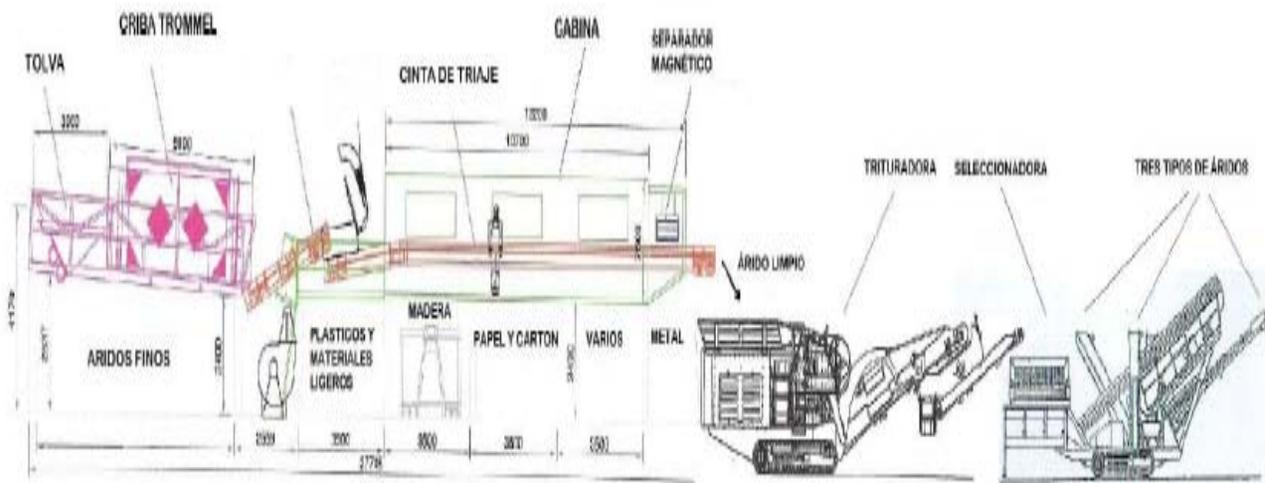


Fig.III.3.2.2.- Montaje planta móvil.

FUENTE.- Equipo de reciclaje, clasificación y cribado con plataforma de triaje y reciclaje para la selección de materiales rcd's y rcu's, Import Grumman, Equipos para la construcción.

II.3.3- Clasificación por nivel tecnológico.

Plantas nivel tecnológico 1.

Se denominan plantas de Nivel tecnológico 1 a aquellas que comportan un desbrozado inicial con la retirada de los elementos indeseables y una clasificación de los productos por tamaño. En estas plantas es fundamental la utilización de mano de obra para la selección inicial junto a la pala excavadora o el escogido posterior sobre una cinta de estrío.

Sería recomendable la instalación de este tipo de plantas de Nivel 1 incluso en centros de transferencia o en vertederos, para conseguir productos más fáciles de valorizar, reciclar o eliminar mediante deposición controlada. A veces, los materiales valorizables separados pueden tener precios interesantes y, desde luego, la gestión posterior del conjunto más homogéneo resulta rentable.

Plantas de Nivel tecnológico 2.

Las plantas de Nivel 2 se recomiendan para producir materiales reciclados de aplicación probada en las obras públicas y construcción. El machaqueo o fragmentación con liberación de los distintos materiales y la clasificación granulométrica de éstos, permite su venta inmediata, disminuyendo notablemente el volumen de residuo a depositar en el vertedero.

Plantas de Nivel tecnológico 3.

Las plantas de Nivel 3 son más apropiadas para el tratamiento de materiales limpios, como son los concretos estructurales armados o no, y escombros cerámicos seleccionados, con un aprovechamiento casi integral de sus componentes. Suelen ser instalaciones de tipo fijo, y son capaces de fragmentar residuos de concreto con grandes dimensiones, especialmente los provistos de trituradores de rodillo de flujo horizontal. Los productos obtenidos de la trituración secundaria con molino de impactos, pueden cumplir la normativa de la grava natural, pues el proceso es similar al de elaboración de un árido machacado y clasificado. El problema de estas plantas, parece radicar en la obtención de material limpio en el radio de influencia de la instalación.

Es particularmente interesante la modalidad de trabajo de estas plantas con mezclas de materiales que cumplen los requisitos especificados por un determinado cliente, quién pagará un sobreprecio por un producto reciclado de acuerdo a su "receta".

Plantas de Nivel de tecnológico 4.

A base de moliendas selectivas y clasificaciones en húmedo, no se vislumbra una aplicación inmediata en España, hasta que la reglamentación sobre las tasas de vertido, la

GENERACIÓN DE LAS GRAVAS RECICLADAS.

obligación de reciclar y los precios de venta de los productos, resulten lo suficientemente atractivos para que el inversor privado vea una rentabilidad tanto o más clara que la de cualquier otra industria extractiva.

La calidad del producto de dos plantas, de igual nivel tecnológico, podrá ser muy diferente dependiendo de los sistemas de separación y clasificación que tenga cada una. Los requisitos de granulometría son muy importantes, y dependerán de la regulación de los equipos de trituración y de la eficacia del sistema de cribado. ^[17]