

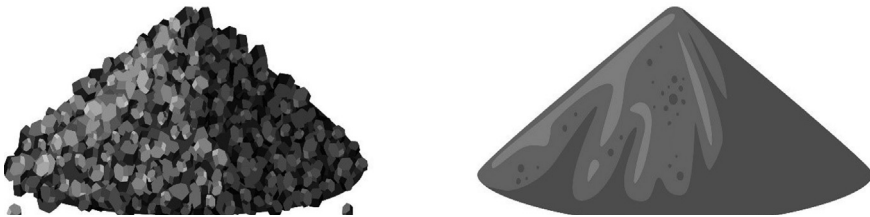
CAPÍTULO 2

CANTERAS Y TRATAMIENTO DE ÁRIDOS

Áridos

Un árido es un material mineral sólido con diferentes granulometrías; son utilizados para fabricar productos artificiales mediante la mezcla de diferentes aglomerantes y activación química inducida por el agua como lo es el caso del cemento, la cal o las mezclas asfálticas. Así mismo, pueden ser utilizados para la implementación de drenajes, protecciones de cubierta, mejoramiento de suelos, bases para trenes, muros de escullera, filtros de materiales sueltos y filtros para potabilización del agua, entre otros.

Figura 16. Áridos



Fuente: elaboración propia

Los áridos son producidos en canteras naturales y posteriormente son tratados en plantas que, mediante procedimientos industrializados, obtienen la granulometría que necesitan para fabricar sus productos. Sin embargo, los áridos no solo se

implementan dentro del sector de la construcción, sino también en la industria química, farmacéutica y agrícola, además de tener diversos usos en la fabricación de diferentes alimentos.

Tipos de áridos

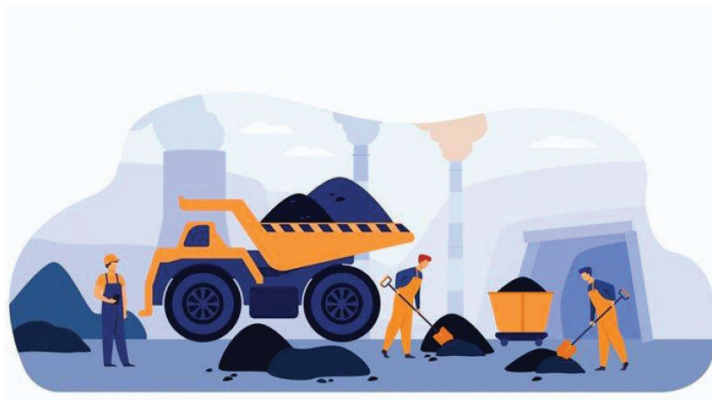
Los áridos se clasifican principalmente en tres tipos:

- Naturales: se obtienen mediante la extracción de material aledaños a los ríos, donde se ubican naturalmente. Estos pueden tener su forma natural redondeada o pueden ser triturados para poder clasificarlos mediante diferentes granulometrías.
- Artificiales: son productos fabricados mediante procesos industrializados, como cenizas, estériles producidos por la minería o escorias subproducidas por fundición de metales.
- Reciclados: son los materiales procedentes de las demoliciones.

Origen de los áridos para la industria de la construcción

Los áridos utilizados para este sector de la economía son principalmente producidos por rocas ígneas y sedimentarias, puesto que son las que generan áridos compactos y resistentes de manera esférica, alejándose de estructuras planas o en forma de aguja.

Figura 17. Origen de los áridos



Fuente: elaboración propia

Las rocas metamórficas no se implementan a excepción del mármol; sin embargo, se evita el uso de material con estructura laminar. Por lo tanto, las rocas más utilizadas para la fabricación de áridos y el uso que este tiene son:

- Arenas y gravas calizas o silíceas encontradas en graveras, utilizadas para la fabricación de concreto, morteros, mejoramiento de suelo y filtros, entre otros.
- Calizas y dolomías, utilizadas para la fabricación de concreto, morteros, mezcla asfáltica y muros de escolleras.
- Ígneas, utilizadas principalmente para las capas de rodadura asfáltica, concreto y morteros.

Canteras

Cantera de áridos

Una cantera de áridos es el espacio abierto o subterráneo que permite acceder al yacimiento de algún tipo de mineral con el fin de extraerlo, cargarlo y explotarlo posteriormente.

Figura 18. Cantera de áridos



Fuente: elaboración propia

En las canteras se extrae el material por medio de explosivos o por maquinaria hidráulica, si las condiciones lo permiten; sus partes principales son:

- Banco: es el espacio que divide dos niveles consecutivos de la cantera estableciendo el volumen de materia que existe. Posee altura y anchura que lo delimita geoméricamente.
- Talud del banco: es el ángulo que forma el banco con el plano horizontal.
- Talud de trabajo: es el ángulo formado por todos los pies del banco con respecto a la horizontal.
- Talud final: es el ángulo formado con toda la formación, pero hasta la línea final de explotación; este asegura la estabilidad de la zona.

- **Bermas:** son las plataformas que poseen menor anchura que los bancos, pero que permiten proporcionar una mayor estabilidad al talud evitando las caídas de material.
- **Pistas:** son las vías dentro de la zona de explotación que permiten la movilización de los diferentes equipos o maquinaria que se utilizan dentro de la cantera.

Banco de gravas

Existen tres tipos principales de graveras, las cuales se dividen según su forma de explotación:

- **Bancos secos:** son excavaciones que se realizan por medio de terrazas en depósitos fluviales, generalmente ubicadas en cercanía a los ríos. Se utilizan retroexcavadoras, bulldozers y camiones de carga extraviales.
- **Bancos parcialmente sumergidos:** son un tipo de explotación realizada parcialmente sumergida o sumergida completamente. Se utilizan dragalinas y camiones de carga. Sin embargo, puede ser un inconveniente la falta de visión y las pérdidas por contaminación de arcillas o limos.
- **Bancos con disminución del nivel freático:** es un método que se basa en deprimir temporalmente el nivel freático de una zona mediante pozos perimetrales hasta que disminuye el nivel del agua por debajo de la zona de explotación; como resultado, queda una laguna. Este método puede presentar inconvenientes sobre el área de depósito del agua extraída o problemas eléctricos y falta de bombeo del agua.

Figura 19. Cantera de áridos



Fuente: elaboración propia

Plantas de tratamiento de áridos

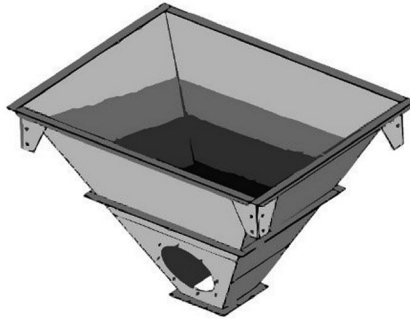
Una planta de tratamiento de áridos puede ser permanente o temporal según el tipo de trabajo que se vaya a realizar y el volumen de áridos que necesite procesarse. Por lo tanto, sin importar su tipología, esta debe realizar los siguientes procesos:

1. **Deposición de material:** hace referencia a la entrada de los áridos como materia prima mediante maquinaria o tolvas que alimentan las trituradoras.
2. **Trituración:** es el proceso de reducción del tamaño de la roca mediante tres procesos de fracturación: fracturación primaria, secundaria y terciaria. Se utilizan molinos, machacadoras y trituradoras.
3. **Clasificación:** es el proceso de selección de los áridos según su diámetro. Para este proceso la maquinaria utilizada son clasificadores hidráulicos o mecánicos, trómeles y cribas.
4. **Lavado:** es el proceso de eliminación de partículas contaminantes como arcillas o limos. Se realizan mediante tornillos lavadores, tambores o norias.
5. **Transporte:** es el proceso interno de movimiento de los áridos dentro del área de producción entre las diferentes zonas de la planta de tratamiento. Se utilizan cintas o elevadores.
6. **Ensilado:** es el proceso de almacenamiento de los áridos por medio de silos cerrados o abiertos.

A pesar de que se establece un orden anteriormente, no necesariamente tiene que ser de esta forma, puesto que existen procedimientos que pueden realizarse antes o después o que incluso pueden repetirse, como por ejemplo el lavado del material o la clasificación del mismo.

Deposición del material

La deposición del material generalmente inicia con la alimentación de tolvas; estos son depósitos abiertos con forma de pirámide invertida y tienen como función recibir y almacenar de manera temporal el material hasta que comienza su proceso de tratamiento.

Figura 20. Tolva

Fuente: elaboración propia

Dichas tolvas alimentan de manera continua a los equipos situados debajo, los cuales transportan el material para que sean triturados. Existen diferentes tipos de alimentación:

- Oscilante: actualmente solo se utilizan para materiales medios y finos, debido al desgaste que tienen con materiales gruesos.
- Vibratoria: este tipo de alimentación permite depurar las partículas más gruesas mediante saltos, filtrando las partículas más finas que pueden obstaculizar o contaminar el proceso.
- Tablero: es el que mejores prestaciones ofrece para el material grueso; sin embargo, es el más costoso. Su estructura está compuesta por placas que se deslizan de manera horizontal mediante el impulso mecánico de motores.
- Cinta: es una banda de goma continua que se desliza por medio de rodillos mecánicos.
- Tornillo: este proceso de alimentación se da mediante la utilización de un tornillo helicoidal que es altamente efectivo para materiales finos; sin embargo, presenta un alto problema de desgaste por abrasión.

Trituración

La trituración es el proceso donde se reduce el tamaño del material mediante fractura provocada por diferentes métodos. La reducción puede ser por medio de:

- Atrición: reducción del tamaño por rozamiento.
- Cizallamiento: rotura del material por esfuerzo cortante o presión.
- Compresión: rotura del material por medio de una fuerza durante determinado tiempo.
- Impacto: rotura del material por medio de choques entre objetos metálicos y el material.

- En el proceso de trituración se maneja un concepto llamado “relación de reducción”, el cual es la relación que existe entre el Tamaño de Entrada (te) y el Tamaño de Salida (ts), te/ts . Por lo tanto, según la relación elegida, su proceso de trituración será organizado en una, dos o tres fases:
- Trituración primaria (Fase 1): es cuando el te es superior a 150 mm y el ts se espera que esté entre los 50 y los 150 mm. Es un tipo de trituración realizado mediante explosivos con el fin de extraer materiales gruesos. La máquinas que realizan este tipo de trituración son: trituradoras giratorias de impacto o de cilindro, así como machacadoras de mandíbula.
- Trituración secundaria (Fase 2): Cuando el te está dentro de los 50 y 150 mm y se espera que el ts esté entre los 25 y 100 mm. Las máquinas utilizadas en esta fase son: cono estrechos, machacadoras de mandíbula, molinos de martillo o cilindro y trituradoras giratorias secundarias.
- Trituración terciaria (Fase 3): cuando se solicitan tamaños de 20 mm o inferiores para el ts. La maquinarias utilizadas para este fin son los molinos de martillos de cono ancho o de bolas.

Los procesos que realizan las maquinas mencionadas anteriormente son:

- Machacadoras de mandíbula: estas realizan la trituración mediante compresión y son las más antiguas dentro del mercado. La rotura del material se produce al ser comprimido por dos mandíbulas.
- Molino de bolas: es una maquinaria utilizada principalmente para la producción de material fino. Su mecanismo funciona en un cilindro horizontal que gira con el material y un conjunto de bolas de acero que fragmentan el material por medio de choques y atrición.
- Trituradora de cono ancho: funciona de manera similar a una trituradora giratoria, pero se utiliza principalmente para la Fase 2 o Fase 3; generalmente utilizadas para la producción de material fino.
- Trituradora de cilindros: es una trituradora que realiza la rotura del material mediante la presión ejercida por dos cilindros que giran en sentidos contrarios, situados horizontalmente.
- Trituradora de impacto: son molinos que giran internamente mientras el material es golpeado por barras a medida que van descendiendo. Poseen un alto rendimiento especialmente para rocas de gran tamaño.
- Trituradoras giratorias: esta máquina consta de una superficie de machaqueo fija, donde el proceso de machaqueo se realiza mediante un tronco giratorio cóncavo; también funciona por compresión.

Clasificación

Los métodos más utilizados para la clasificación del material son:

- **Hidráulica:** la clasificación hidráulica se realiza por medio de la fuerza centrífuga; el material es impulsado por una bomba de hidrociclón y esta genera una presión de 0,5 a 3 atmósferas, de tal forma que en la parte inferior las partículas más gruesas se pegan a la pared, mientras que el agua y las partículas más finas salen por la parte superior.
- **Mecánica:** este tipo de clasificación se realiza mediante cibrado, donde todas las partículas mezcladas pasan por un tamiz con varios orificios que poseen un diámetro determinado, de tal forma que se separan por su tamaño. Existen cuatro tipos principales de cibras: fijas, móviles, vibratorias y de tambores.

Lavado

El lavado del material tiene como objetivo principal eliminar todas las partículas extrañas que existen dentro de los áridos, así como raíces, arcillas, limos o vegetación. Generalmente, este procedimiento se realiza simultáneamente con la clasificación al inyectar agua por presión mediante chorros. De tal forma que, si existen materias extrañas duras, se utilizan tambores de lavado.

Así mismo, para realizar este proceso de limpieza en las arenas, se utilizan las norias, las cuales son lavadoras de arena de gran capacidad. Este material es descargado y escurrido para que sea transportados y ensilados. De esta forma, el agua que queda con finos se envía a clasificación hidráulica.

Toda el agua utilizada en el proceso debe ser tratada para su reutilización o vertimiento. Por lo tanto, deben existir procesos de floculación y decantación de estos finos.

Transporte

El transporte es el movimiento de los áridos durante todo el proceso de clasificación, lavado y ensilado. Este se puede realizar por medio de:

- Alimentadores
- Canaletas gravitatorias
- Cintas transportadoras
- Elevadores

Ensilado

Ensilar es el proceso de almacenamiento de los áridos por medio de silos, estos pueden ser abiertos o cerrados según la cantidad de material o el uso que se le da.

Un silo cerrado puede ser de sección cuadrangular, circular o rectangular, el cual puede estar sobre el terreno o elevado para la descarga sobre un camión. Estos generalmente son de metal, mientras que un silo abierto puede ser mediante salmonera, pantalla de retención, apilado sobre el suelo con cintas o apilado sobre el suelo con alimentadores.

Aplicación de los áridos

Fabricación de concreto

El concreto es un producto que se encuentra formado por la mezcla de cemento *portland*, árido fino y grueso, agua y aditivos. Donde se debe garantizar una correcta distribución de todos los materiales y una mezcla homogénea de los mismos. Así las cosas, la maquinaria necesaria para la fabricación de concreto es:

- Silos de almacenamiento de los materiales.
- Maquinaria de transporte, elevadores o cintas.
- Amasadoras, mezcladoras y trompos.
- Sistemas de transporte del producto final.

Ahora bien, el punto crítico en la fabricación del concreto es la correcta mezcla de este. Por lo tanto, las diferentes máquinas utilizadas para la fabricación del concreto deben cumplir con el mismo ciclo de trabajo, el cual es llenar, amasar y vaciar. Estas pueden ser:

- Camión mezclador (*mixter*): son vehículos que poseen la cuba mezcladora montada sobre un camión; estos cumplen la función de transportar el concreto al mismo tiempo que lo mezcla mediante la implementación de diferentes velocidades de mezclado, según las especificaciones o la distancia de transporte. Pueden ser de 6, 8, 10 o 12 m³.

Figura 21. Mixer

Fuente: elaboración propia

- Máquinas de bombeo: cuando el sitio de vaciado del concreto se encuentra lejos horizontalmente o a una altura superior, es necesario la implementación de una bomba. Es importante que la dosificación del concreto sea la correcta; en la mayoría de los casos, se necesitan superplastificantes (aditivos) que faciliten el bombeo del mismo. Estas pueden ser estáticas, estaciones eléctricas o con motores de combustión, o autobombas, bombas móviles inmersas dentro de un camino con una pluma plegable.

Figura 22. Autobombas de concreto

Fuente: elaboración propia

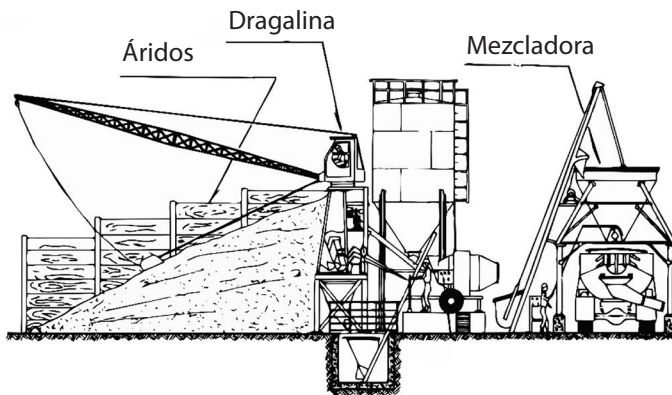
- Mezcladora: es una máquina estacionaria en forma de tolva o trompo que permite amasar el concreto mediante paletas en su interior, pueden ser de eje inclinado o de eje horizontal.

Figura 23. Mezclador tipo trompo

Fuente: elaboración propia

Plantas de fabricación de concreto

Una planta de fabricación de concreto puede ser fija o móvil.

Figura 24. Planta de concreto radial

Fuente: elaboración propia

Dentro de las fijas, se encuentran tres tipos importantes:

- Radial: una planta de tipo radial generalmente almacena los áridos de manera abierta; tienen mezcladoras, dragalinas para dosificación de áridos, radios que son los que permiten el arrastre del material y elevadores para posteriormente mezclar el material. Produce entre 20 y 40 m³/h.
- Torre: una planta de tipo torre permite una producción más elevada y continua; estas utilizan un almacenamiento en torre que, mediante acción gravitatoria, pueden realizar las dosificaciones de la mezcla. Puede llegar a tener producciones de 400 m³/h.

- Tolvas: una planta de tolvas almacena los áridos en tolvas que se encuentran alineadas. Posteriormente a la dosificación, se eleva mediante una cinta transportadora para que finalmente se pueda mezclar. Tienen producciones de hasta 60 m³/h.

Plantas de mezcla asfáltica

Las mezclas asfálticas pueden ser frías o calientes. En consecuencia, existen plantas diferentes para cada una de estas.

Figura 25. Mezcla asfáltica en caliente



Fuente: elaboración propia

Plantas de mezcla asfáltica fría

Las mezclas en frío poseen un alto contenido de vacíos, llegando hasta un 25%. Estas utilizan áridos finos principalmente dentro de su composición y se ligan con una emulsión de betún puro.

Las plantas fijas son sencillas de fabricar debido a que no necesitan calentar los materiales y se pueden colocar en obra mediante máquinas explanadoras convencionales.

La composición de este tipo de plantas es de:

1. Tolvas de almacenamiento y dosificación
2. Cintas transportadoras
3. Depósito de material pétreo
4. Mezcladora

Así mismo, existen mezcladores móviles que realizan procesos de dosificación y mezcla, así como extienden el material de manera continua.

Plantas de mezcla asfáltica caliente

Una planta de fabricación de este tipo requiere de una estructura un poco más compleja debido a que es necesario calentar el material para poder extenderlo sobre el suelo. Estas poseen la siguiente estructura:

1. Tolvas de almacenamiento y dosificación;
2. Secador y calentador del material árido;
3. Sistema de cribado y almacenamiento de material caliente;
4. Depósitos de almacenamiento y sistemas de calentamiento para material pétreo;
5. Mezclador;
6. Sistema de almacenamiento de la mezcla y descarga;
7. Equipos auxiliares como cintas de transporte, elevadores, sistemas de alimentación y generación de electricidad.

Respecto a este tipo de planta, es importante resaltar el secador, el cual es una estructura cilíndrica que gira y tiene como objetivo secar los materiales y posteriormente calentarlos para que los áridos puedan mezclarse correctamente con el betún.

