



# FUNDAMENTOS BÁSICOS

## PARA LOS PROCESOS

## CONSTRUCTIVOS



Universidad Francisco  
de Paula Santander  
Vigilada Mineducación

Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez  
Nelson Emilio García Torres  
David Leonardo Molina Salazar





# **FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS**

JAVIER ALFONSO CÁRDENAS GUTIÉRREZ  
NELSON EMILIO GARCÍA TORRES  
DAVID LEONARDO MOLINA SALAZAR

Cárdenas Gutiérrez, Javier Alfonso

Fundamentos básicos para los procesos constructivos / Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez, Nelson Emilio García Torres, David Leonardo Molina Salazar. -- 1a ed. -- Cúcuta : Universidad Francisco de Paula Santander ; Bogotá : Ecoe Ediciones, 2021.

82 p. -- (Ingeniería y afines. Ingeniería civil)

Contiene reseña de los autores en la pasta. -- Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-503-173-9 -- 978-958-503-174-6 (e-book)

1. Construcción - Fundamentos 2. Construcción - Proyectos I. García Torres, Nelson II. Molina Salazar, David Leonardo III. Título IV. Serie

CDD: 624 ed. 23

CO-BoBN- a1082945

---



**Área:** Ingeniería y afines

**Subárea:** Ingeniería civil



**Universidad Francisco  
de Paula Santander**

Vigilada Mineducación

© Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez

© Nelson Emilio García Torres

© David Leonardo Molina Salazar

► Universidad Francisco de  
Paula Santander  
Avenida Gran Colombia  
No. 12E-96, Barrio Colsag  
San José de Cúcuta, Colombia  
Teléfono: (057)(7) 5776655

► Ecoe Ediciones Limitada  
Carrera 19 # 63C - 32  
Bogotá, Colombia

**Primera edición:** Bogotá, agosto del 2021

**ISBN:** 978-958-503-173-9

**e-ISBN:** 978-958-503-174-6

Directora editorial: Claudia Garay Castro  
Corrección de estilo: Tomas Collazos G.  
Diagramación: Olga Lucía Pedraza Rodríguez  
Impresión: Carvajal Soluciones de  
Comunicación S.A.S  
Carrera 69 #15 -24

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio  
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

*Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados*



## AGRADECIMIENTOS



Los autores expresamos nuestros agradecimientos a:

A Dios, todopoderoso, por brindarnos salud, sabiduría e iluminarnos el camino para lograr esta meta.

A la Universidad Francisco de Paula Santander, a nuestro rector, Héctor Miguel Parra López, quien ha respaldado estos procesos de enriquecimiento intelectual mediante su gestión administrativa.

A cada uno de los miembros de este equipo de trabajo, por su apoyo colectivo y cada uno de los aportes brindados.



# CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b> .....	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XVII
<b>CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN</b> ....	1
Cargos principales dentro de un proyecto de construcción .....	2
Etapas de un proyecto de construcción .....	3
<b>CAPÍTULO 2: CANTERAS Y TRATAMIENTO DE ÁRIDOS</b> .....	9
Áridos.....	9
Tipos de áridos.....	10
Origen de los áridos para la industria de la construcción.....	10
Canteras .....	11
Cantera de áridos.....	11
Banco de gravas.....	12
Plantas de tratamiento de áridos .....	13
Deposición del material .....	13
Trituración .....	14
Clasificación .....	16
Lavado .....	16
Transporte.....	16
Ensilado.....	17
Aplicación de los áridos .....	17

Fabricación de concreto .....	17
Plantas de fabricación de concreto .....	19
Plantas de mezcla asfáltica.....	20
Plantas de mezcla asfáltica fría.....	20
Plantas de mezcla asfáltica caliente .....	21
<b>CAPÍTULO 3: MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>	<b>23</b>
Excavaciones y carga del material.....	27
Tipos de excavaciones .....	27
Tipos de maquinaria.....	28
Nivelación .....	32
Tipos de maquinaria.....	32
Transporte y descarga.....	33
Tipos de maquinaria.....	33
Compactación .....	36
Tipos de maquinaria.....	36
<b>CAPÍTULO 4: SISTEMAS DE CONTENCIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO 5: ZANJAS.....</b>	<b>45</b>
Desbroce y limpieza del terreno .....	46
Localización y replanteo .....	46
Actividades dentro de entorno urbano.....	46
Corte.....	46
Picado .....	47
Nivel freático .....	47
Excavación .....	47
Entibación.....	50
Conducciones.....	51
Relleno y compactación .....	51
Instalación de conducciones sin excavación de zanjas .....	52
<b>CAPÍTULO 6: VOLADURAS.....</b>	<b>53</b>
Definición del proyecto de voladura.....	54
Perforación del material.....	54
Explosivos .....	55
Características de un explosivo.....	56
Tipos de explosivos.....	56
Parámetros para la elección del tipo de explosivo.....	56
Detonación .....	57
Grúas .....	59
<b>CAPÍTULO 7: MEDIOS DE ELEVACIÓN Y MAQUINARIA AUXILIAR .....</b>	<b>59</b>

---

Grúa torre .....	60
Grúa móvil.....	61
Andamios.....	61
Andamios tubulares.....	61
Andamios suspendidos .....	62
Plataformas de elevación motorizadas.....	63
Móviles .....	63
Fijas .....	63
Cimbras.....	64
Cimbras autoportantes.....	64
Encofrados.....	65
Encofrados trepantes.....	66
Encofrado auto trepante .....	67
Encofrados deslizantes .....	68
<b>CAPÍTULO 8: PUENTES.....</b>	<b>69</b>
Estructura de un puente.....	70
Cimentación .....	70
Tipos de apoyo .....	70
Tablero.....	74
Imposta.....	75
Tipos de puente.....	76
Procedimientos de construcción .....	76
Puentes con losa de concreto maciza o aligerada:.....	76
Puentes con tablero de vigas prefabricadas .....	77
Puentes en cajón insitu.....	77
Puentes de cajón mixto .....	78
Puentes en cajón con dovelas prefabricadas.....	79
Puentes en cajón con voladizos sucesivos in situ.....	79
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>81</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Obras civiles.....	XVII
FIGURA 2. Construcción optimizada .....	XIX
FIGURA 3. Obra vial.....	1
FIGURA 4. Edificación .....	2
FIGURA 5. Personal.....	3
FIGURA 6. Existencia de problema o necesidad.....	4
FIGURA 7. Estructuración de anteproyecto .....	4
FIGURA 8. Desarrollo de propuesta .....	5
FIGURA 9. Evaluación de propuestas.....	5
FIGURA 10. Financiamiento de propuesta.....	6
FIGURA 11. Diseños definitivos .....	6
FIGURA 12. Adjudicación del contrato.....	7
FIGURA 13. Etapa constructiva.....	7
FIGURA 14. Controles de calidad.....	8
FIGURA 15. Mantenimiento.....	8
FIGURA 16. Áridos .....	9
FIGURA 17. Origen de los áridos.....	10
FIGURA 18. Cantera de áridos .....	11
FIGURA 19. Cantera de áridos .....	12

FIGURA 20. Tolva.....	14
FIGURA 21. Mixer .....	18
FIGURA 22. Autobombas de concreto .....	18
FIGURA 23. Mezclador tipo trompo .....	19
FIGURA 24. Planta de concreto radial .....	19
FIGURA 25. Mezcla asfáltica en caliente.....	20
FIGURA 26. Bulldozer .....	23
FIGURA 27. Excavación con retroexcavadora.....	24
FIGURA 28. Carga de material excavado.....	24
FIGURA 29. Transporte de material .....	25
FIGURA 30. Deposición final del material .....	25
FIGURA 31. Extendido del material .....	26
FIGURA 32. Compactadora manual tipo rana.....	26
FIGURA 33. Excavación a cielo abierto.....	27
FIGURA 34. Excavación subterránea.....	27
FIGURA 35. Excavación subacuática.....	28
FIGURA 36. Bulldozer .....	28
FIGURA 37. Cargadora de túnel .....	29
FIGURA 38. Escarificador.....	29
FIGURA 39. Excavadora de cable.....	30
FIGURA 40. Excavadora hidráulica .....	30
FIGURA 41. Miniexcavadora.....	31
FIGURA 42. Pala cargadora .....	31
FIGURA 43. Retrocargadora.....	32
FIGURA 44. Mototraílla .....	32
FIGURA 45. Motoniveladora .....	33
FIGURA 46. Camión articulado.....	33
FIGURA 47. Camión basculante .....	34
FIGURA 48. Dúmpер extravial articulado .....	34
FIGURA 49. Dúmpер extravial rígido .....	35
FIGURA 50. Dúmpер .....	35
FIGURA 51. Grúa transporte.....	36
FIGURA 52. Compactadora pata de cabra.....	37
FIGURA 53. Compactadora lisa .....	37
FIGURA 54. Compactador de neumáticos .....	38

FIGURA 55. Muro pantalla .....	39
FIGURA 56. Muro escollera .....	41
FIGURA 57. Muro de gaviones .....	42
FIGURA 58. Muro de tierra .....	43
FIGURA 59. Zanja .....	45
FIGURA 60. Sierra de corte sencilla .....	46
FIGURA 61. Cortadora de picas .....	47
FIGURA 62. Excavación directa .....	48
FIGURA 63. Excavación con talud .....	48
FIGURA 64. Excavación entibada .....	49
FIGURA 65. Zanjadora de brazo inclinado .....	49
FIGURA 66. Zanjadora con disco de picas .....	50
FIGURA 67. Zanjadora de ruedas .....	50
FIGURA 68. Instalación de conducciones con elementos prefabricados .....	51
FIGURA 69. Voladura .....	53
FIGURA 70. Perforadora .....	54
FIGURA 71. Jumbo perforador .....	55
FIGURA 72. Variedad de explosivos .....	55
FIGURA 73. Grúas .....	59
FIGURA 74. Partes de una grúa torre .....	60
FIGURA 75. Grúa móvil .....	61
FIGURA 76. Andamios .....	62
FIGURA 77. Andamio suspendido .....	62
FIGURA 78. Plataforma móvil .....	63
FIGURA 79. Plataforma fija .....	63
FIGURA 80. Sistema de apuntalamiento .....	64
FIGURA 81. Cimbra autoportante .....	64
FIGURA 82. Encofrado losa entepiso .....	65
FIGURA 83. Encofrado muro a dos caras .....	66
FIGURA 84. Encofrado muro a una cara .....	66
FIGURA 85. Encofrados trepantes .....	67
FIGURA 86. Encofrado auto trepante .....	68
FIGURA 87. Encofrado deslizante .....	68
FIGURA 88. Puente .....	69
FIGURA 89. Estribo abierto .....	70

FIGURA 90. Estribo cerrado.....	71
FIGURA 91. Estribo flotante.....	71
FIGURA 92. Neoprenos sosteniendo el tablero tipo cajón .....	72
FIGURA 93. Puente tipo arco .....	72
FIGURA 94. Puente atirantado.....	73
FIGURA 95. Puente con pilares inclinados.....	73
FIGURA 96. Pilares verticales.....	74
FIGURA 97. Puente con pilonos.....	74
FIGURA 98. Tablo tipo cajón.....	75
FIGURA 99. Tablero aligerado en concreto .....	75
FIGURA 100. Tablero de concreto macizo .....	75
FIGURA 101. Tablero con vigas nervadas .....	75
FIGURA 102. Imposta .....	76



## PRÓLOGO



El siguiente libro es el resultado de una investigación realizada de los autores en el ámbito de la construcción, así como las horas de trabajo colaborativo por parte de los mismos para poder realizar un material enriquecedor en el área de la construcción y cada uno de sus aspectos más importantes. Por lo tanto, este documento abarca de manera sustancial los procedimientos más comunes que ocurren dentro de cualquier tipo de obra civil.

Se espera ante todo que este libro aporte de manera significativa principalmente a los estudiantes de Ingeniería Civil y afines, sirviendo como material autodidacta o incluso como material de apoyo por parte de los docentes.



# INTRODUCCIÓN

La calidad de vida de una sociedad depende principalmente de sus condiciones habitacionales, siendo estas variables determinantes para indicar los niveles de desarrollo de una nación al basarse en la calidad de su infraestructura.

Una estructura es el conjunto de elementos verticales y horizontales que pueden resistir todo tipo de esfuerzo, acciones naturales o generadas por influencia humana. De este modo, la ingeniería civil busca que una estructura sea capaz de, primero, soportar su propio peso, así como resistir otro tipo de esfuerzos como: movimientos sísmicos, diferenciales térmicos, aislamientos, viento, etc., sin perder las condiciones que permiten la explotación de dicha estructura.

**Figura 1. Obras civiles**



Fuente: elaboración propia

De tal forma, las estructuras de ingeniería se constituyen en dos elementos principales:

- Subestructura: son los elementos encargados de transmitir las cargas hacia el suelo y distribuirlas de manera correcta para que exista la mejor relación suelo – estructura.
- Superestructura: son los elementos encargados de soportar todo tipo de cargas a las que se puede someter una estructura y que deben interactuar de manera correcta con la subestructura.

A su vez, una obra civil no es nada más que el conjunto de todos los trabajos de construcción que se logran con aras de cumplir un objetivo, en este caso la materialización de un proyecto de ingeniería. También, se puede considerar como una obra civil a todos los trabajos que modifiquen sustancialmente el terreno.

Para el desarrollo de una construcción, se necesita una gran cantidad de procedimientos que permitan la realización del proyecto, dentro del cual se debe optimizar al máximo los diferentes recursos que existen, tratando de buscar siempre la mejor relación entre el tiempo, la economía y la seguridad. De tal forma que un ingeniero civil tiene como tarea desarrollar un proyecto con las mejores condiciones, los procedimientos más eficaces, sin dejar a un lado la seguridad y al menor costo posible. Además, debe cumplir con diferentes exigencias sociales como lo son la estética y el confort, entre otras. Por lo tanto, un proceso constructivo tiene cuatro elementos principales:

- Materiales
- Equipos o maquinaria
- Mano de obra
- Transporte

Debido a que la industria de la construcción carece de procedimientos industriales, esta necesita que se establezcan procedimientos que permitan ejecutar de manera industrial las diferentes actividades en cada uno de los campos de la ingeniería civil. Por tal motivo, se deben desarrollar sistemas de construcción optimizados que permitan una adecuada planificación de las tareas y la asignación de equipos o materiales, con el fin de elevar los rendimientos y reducir los costos.

Estas son algunas de las principales características para un buen sistema de construcción:

- Aumento de la productividad
- Eliminación de desperdicios
- Mayor control de la obra

- Precisión en los presupuestos
- Reducción en los accidentes laborales
- Aumento de la calidad en acabados
- Precisión en los tiempos de ejecución

**Figura 2. Construcción optimizada**



Fuente: elaboración propia



## CAPÍTULO 1

# CARACTERÍSTICAS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Existen dos tipos principales de obras civiles dentro de la industria de la construcción: obras civiles verticales y horizontales. Una obra horizontal hace referencia a todo tipo de construcciones que se desarrollan mediante el desplazamiento de la superficie terrestre. Este tipo de construcciones se evidencian en sistemas hidráulicos, urbanismo, estructuras de contención, puentes, vías, etc.

**Figura 3. Obra vial**



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, una obra vertical hace referencia a todos los proyectos que parten desde una superficie, pero su construcción se mantiene en ascenso, desafiando principalmente la gravedad. Este tipo de obras se materializan para que los diferentes sectores económicos cuenten con las condiciones adecuadas para poder explotar de manera eficiente cada uno de sus servicios o productos.

**Figura 4. Edificación**

Fuente: elaboración propia

## Cargos principales dentro de un proyecto de construcción

- Gerente del proyecto: es la persona que se encarga de supervisar que la ejecución, planeación y finalización del proyecto se realice de manera correcta, siendo una de las personas con mayor grado de responsabilidad dentro del mismo.
- Subgerente del proyecto: es la persona que, junto al gerente, toma las decisiones importantes del proyecto, las cuales pueden ser de cualquier índole con el fin de llevarlo de la manera más eficiente.
- Coordinador del proyecto: es el encargado de coordinar, programar y ejecutar las actividades de consultoría, además de programar las capacitaciones para cada uno de los integrantes del proyecto y supervisar el cumplimiento del calendario.
- Director de obra: es el enlace entre la administración y la ejecución del proyecto y el encargado de coordinar las actividades de cada uno de los contratistas; debe presentar los informes de avance, controlar y analizar los estados financieros de la obra.
- Residente técnico: es la persona encargada de revisar diariamente el avance de la obra y velar por el cumplimiento de las metas diarias, semanales y mensuales, haciendo énfasis en que las actividades se realicen con base a las especificaciones técnicas y la programación dentro del calendario. Pueden existir varios residentes dependiendo de la magnitud del proyecto.

- Residente administrativo: es un cargo desempeñado por un administrador, el cual se encarga de realizar los pagos a las personas, gestionar las compras y controlar el estado del almacén, así como de inventariar el material y los recursos humanos.
- Interventor: es un cargo desempeñado para supervisar el avance de la obra y el cumplimiento de todos los requisitos técnicos dentro del desarrollo del proyecto; posee relación directa con el director de la obra.
- siso: es la persona encargada de definir las normas y reglas de seguridad ocupacional dentro de la obra; así mismo, debe evaluar los riesgos y velar porque las diferentes actividades de la obra se ejecuten de la manera más segura con el fin de evitar accidentes o fatalidades.
- Maestro de obra: es la persona a cargo de distribuir el personal para el desarrollo de las actividades; se encarga de velar por la seguridad de ellos, mantiene en orden la obra y su jefe directo es el residente técnico.
- Almacenista: es la persona que debe velar por la correcta administración de los materiales, los equipos y las herramientas. Este determina los espacios para almacenar y registra la salida y entrada de materiales.
- Celador: es la persona encargada de registrar el ingreso y salida del personal, además de realizar la vigilancia del lugar donde se ejecuta la obra y reportar si existen irregularidades en la zona.

**Figura 5. Personal**



Fuente: elaboración propia

## **Etapas de un proyecto de construcción**

Aunque cada proyecto es único y posee desafíos específicos según su tipología, un proyecto de construcción tiene, por lo menos, seis etapas:

1. Existencia de una necesidad. Para poder desarrollar un proyecto de construcción, en primera instancia debe existir una necesidad insatisfecha; esta puede afectar de manera general a toda una población, como lo sería la inexistencia de un puente que comunique una vereda con un centro poblado,

o de manera específica a un selecto grupo de personas, como la creación de un edificio administrativo para una empresa particular.

**Figura 6. Existencia de problema o necesidad**



Fuente: elaboración propia

2. Anteproyecto. El anteproyecto debe identificar las causas que originan la necesidad, establecer los objetivos que permitan satisfacerla e identificar las posibles soluciones ajustándolas a los planes de desarrollo de la región, así como el efecto directo que tendría sobre la sociedad y su entorno.

**Figura 7. Estructuración de anteproyecto**



Fuente: elaboración propia

3. Consultoría e ingeniería. Es la etapa del proyecto donde se desarrollan los estudios previos y se desarrollan las diferentes propuestas, así como la creación de sus cronogramas, su presupuestos y seguridad.

**Figura 8. Desarrollo de propuesta**



Fuente: elaboración propia

4. Evaluación. Es una etapa donde se revisan los diferentes aspectos económicos, ambientales, técnicos, administrativos y legales de cada propuesta con el fin de determinar cuál es la alternativa más indicada.

**Figura 9. Evaluación de propuestas**



Fuente: elaboración propia

5. Financiamiento. Una vez evaluadas las diferentes propuestas, se determinan los gastos necesarios para la materialización del proyecto y

se busca el camino hacia la obtención de recursos; estos pueden ser otorgados por el Estado, si es el caso de una inversión pública, o a través de un préstamo, si es una inversión privada.

**Figura 10. Financiamiento de propuesta**



Fuente: elaboración propia

6. Diseños definitivos. Es la etapa final donde se desarrollan los diseños arquitectónicos, estructurales, de instalaciones y de impacto ambiental que van ligados a la solución elegida en la tapa de evaluación.

**Figura 11. Diseños definitivos**



Fuente: elaboración propia

7. Licitación. Es el proceso donde se adjudica el proyecto de construcción con base a unos criterios y una reglamentación previamente establecidos. Esta licitación puede ser pública o privada.

**Figura 12. Adjudicación del contrato**



Fuente: elaboración propia

8. Construcción. Es la etapa donde se ejecuta el proyecto, la cual debe desarrollarse de manera meticulosa con el fin de cumplir de manera correcta las especificaciones técnicas y las normativas existentes. Por lo tanto, dentro de esta etapa se desarrolla la capacitación del personal, la recepción y control de los materiales, la gestión del cronograma y la implementación de los sistemas de control de calidad.

**Figura 13. Etapa constructiva**



Fuente: elaboración propia

9. Puesta en marcha. Esta etapa hace referencia a los diferentes controles de calidad que se realizan durante la etapa constructiva, destacando la verificación de los resultados en las pruebas de calidad, la revisión detallada de cada elemento construido, las pruebas de su correcta funcionalidad y la aceptación del producto.

**Figura 14. Controles de calidad**



Fuente: elaboración propia

10. Explotación y mantenimiento. Es la etapa donde se evidencia la correcta funcionalidad y explotación del bien entregado, así como las diferentes consideraciones y actividades a realizar para que dicho bien mantenga sus condiciones en el futuro y pueda seguir explotándose de manera viable.

**Figura 15. Mantenimiento**



Fuente: elaboración propia

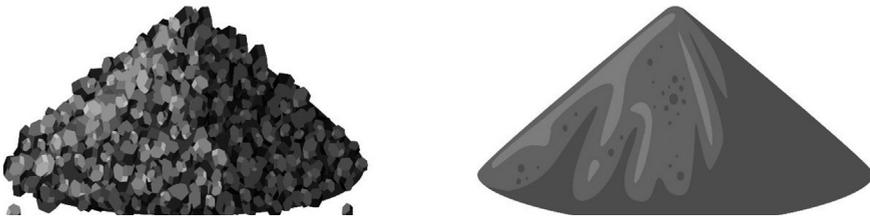
## CAPÍTULO 2

# 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**

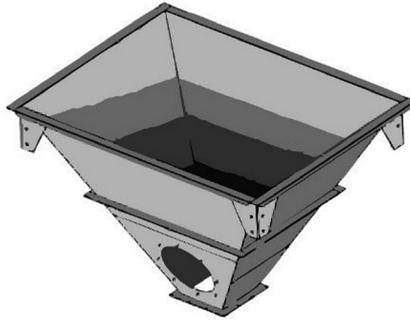
Una planta de tratamiento de áridos puede ser permanente o temporal según el tipo de trabajo que se vaya a realizar y el volumen de áridos que necesite procesarse. Por lo tanto, sin importar su tipología, esta debe realizar los siguientes procesos:

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 m<sup>3</sup>.

**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

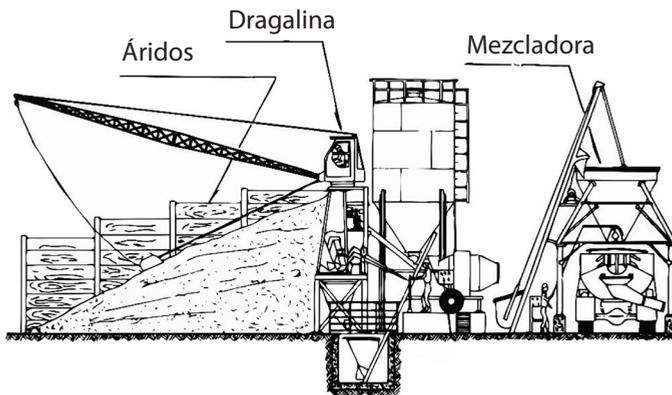
- Mezcladora: es una máquina estacionaria en forma de tolva o trompo que permite amasar el concreto mediante paletas en su interior, pueden ser de eje inclinado o de eje horizontal.

**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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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.



## CAPÍTULO 3

# MOVIMIENTO DE TIERRAS

El movimiento de tierras hace referencia a la modificación del terreno natural mediante el uso de diferentes actividades con aras de aportar al desarrollo de una obra civil, minera o cualquier otro tipo de industria.

De esta forma, las fases que ocurren durante un movimiento de tierra son:

1. Desbroce: es la fase inicial del movimiento de tierras donde se retira la capa vegetal, incluyendo arbustos, raíces, malezas y partes de árboles, etc.

**Figura 26. Bulldozer**



Fuente: elaboración propia

2. Excavación del terreno: consiste en extraer el material hasta el nivel deseado, teniendo en cuenta consideraciones como ubicación de tuberías, delimitaciones perimetrales y la información del replanteo realizado en obra.

**Figura 27. Excavación con retroexcavadora**



Fuente: elaboración propia

3. Carga del material retirado: es la fase del movimiento de tierras donde se utilizan diferentes tipos de maquinaria, según las condiciones del terreno y la magnitud del proyecto, para cargar los vehículos que transportaran el material.

**Figura 28. Carga de material excavado**



Fuente: elaboración propia

4. Transporte del material: es la fase que hace referencia al desplazamiento geográfico del material; este se puede desplazar hacia vertederos, rellenos o incluso, dependiendo de la calidad del mismo, se puede utilizar o vender.

**Figura 29. Transporte de material**



Fuente: elaboración propia

5. Descarga del material: en esta fase se ubica y deposita el material.

**Figura 30. Deposición final del material**



Fuente: elaboración propia

6. **Extendido del material:** es la acción de extender el material mediante capas para su posterior humectación y compactación.

**Figura 31. Extendido del material**



Fuente: elaboración propia

7. **Humectación:** consiste en aplicar cierta cantidad de agua con el fin de facilitar la compactación.
8. **Compactación:** es una operación en la que se genera presión sobre el material mediante un apisonado energético, mejorando el comportamiento mecánico de suelo.

**Figura 32. Compactadora manual tipo rana**



Fuente: elaboración propia

Los materiales dentro del movimiento de tierra pueden ser catalogados según su Velocidad de onda Sísmica ( $v_s$ ); este valor se obtiene a partir de ensayos de refracción sísmica. Por lo tanto, según el rango del valor, el material debe ser excavado por diferentes métodos:

- vs menor de 1000 m/s: este movimiento hace referencia a suelos blandos, como arcillosos, limos y tierra en general.
- vs entre 1000 y 2000 m/s: este tipo de material es el que se encuentra en las obras de tránsito y puede ser pavimento rígido o flexible; sin embargo, necesita de una escarificación previa para poder excavarse.
- vs superior a 2000 m/s: este tipo de excavación se realiza por medio del uso de explosivos, perforadores o tuneladoras, debido a la dureza del material.

## Excavaciones y carga del material

### *Tipos de excavaciones*

Existen tres tipos principales de excavaciones:

- A cielo abierto: se realiza en seco y con nivel freático por debajo del nivel de excavación; se utiliza maquinaria convencional para excavar, transportar, explanar y compactar.

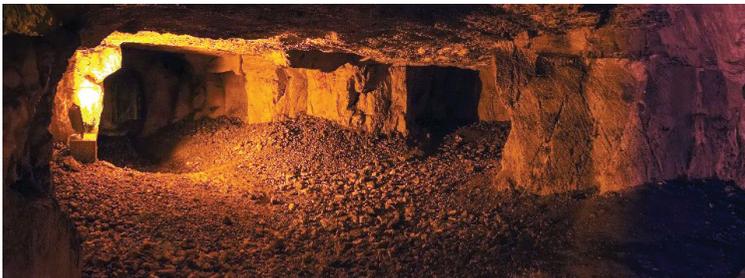
**Figura 33. Excavación a cielo abierto**



Fuente: elaboración propia

- Subterránea: se realiza para la construcción de túneles o pozos y el nivel de la excavación es por debajo del nivel de terreno; se pueden llegar a utilizar tuneladoras, voladuras y rozadoras.

**Figura 34. Excavación subterránea**



Fuente: elaboración propia

- Subacuática: se realiza cuando el nivel de la excavación está por debajo del nivel freático, siendo imposible actuar desde terreno estable. Por lo tanto, se utilizan materiales flotantes y, dependiendo de la dureza del terreno, se utilizan dragas de succión en terrenos blandos. Si los terrenos son duros, se utilizan dragas de rosario y, si hay roca, se utilizan voladuras subacuáticas o martillos romperrocas.

**Figura 35. Excavación subacuática**



Fuente: elaboración propia

### ***Tipos de maquinaria***

- Bulldozer: son máquinas hidráulicas diseñadas para empujar o traccionar mediante el uso de una hoja. Pueden ser apoyados en rueda u oruga.

**Figura 36. Bulldozer**



Fuente: elaboración propia

- Cargadoras de túnel: son máquinas hidráulicas diseñadas para su utilización en túneles, con el fin de acarrear el material a una altura bastante baja.

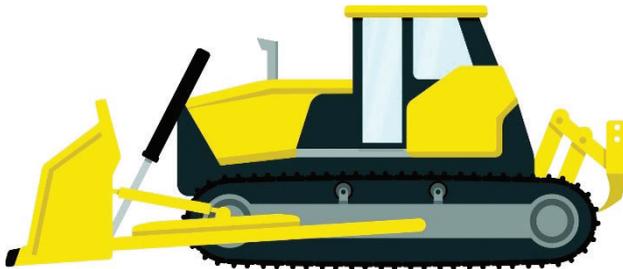
**Figura 37. Cargadora de túnel**



Fuente: elaboración propia

- Escarificador: son máquinas hidráulicas diseñadas para fragmentar las rocas ripables del terreno y prepararlas para su empuje.

**Figura 38. Escarificador**



Fuente: elaboración propia

- Excavadora de cable: son máquinas mecánicas que funcionan mediante la utilización de cables en vez de cilindros hidráulicos. Pueden excavar o arrastrar el material dependiendo de la función que deban realizar. Son ideales para la construcción de muros pantallas y colocación de armaduras profundas, etc.

**Figura 39. Excavadora de cable**



Fuente: elaboración propia

- Excavadoras hidráulicas: son máquinas hidráulicas diseñadas para excavar terrenos mediante rotaciones en su superestructura, desplazándose solo si la excavación se encuentra fuera de su alcance. Se pueden sostener sobre ruedas o sobre oruga.

**Figura 40. Excavadora hidráulica**



Fuente: elaboración propia

- Miniexcavadoras: son máquinas hidráulicas diseñadas para excavar en espacios reducidos dentro de una ciudad.

**Figura 41. Miniexcavadora**

Fuente: elaboración propia

- Minicargadoras: son máquinas hidráulicas diseñadas para su utilización en espacios pequeños y de poca altura, principalmente utilizadas para edificaciones.
- Palas cargadoras: son máquinas hidráulicas diseñadas para cargar y transportar el material mediante una cuchara y un sistema de brazos, especialmente en distancias cortas.

**Figura 42. Pala cargadora**

Fuente: elaboración propia

- Retrocargadoras: son máquinas hidráulicas diseñadas por su versatilidad: poseen una pala cargadora frontal y una retroexcavadora trasera. Adicionalmente, pueden utilizar otros elementos mediante el cambio de sus partes.

**Figura 43. Retrocargadora**

Fuente: elaboración propia

- Traíllas y mototraíllas: son máquinas hidráulicas diseñadas principalmente para su utilización en obras lineales, realizando actividades de carga, transporte, descarga y nivelación de suelos. Pueden ser autopropulsadas, remolcadas o con doble sistema de empuje.

**Figura 44. Mototrailla**

Fuente: elaboración propia

## Nivelación

### *Tipos de maquinaria*

- Motoniveladora: son máquinas diseñadas para nivelar el terreno mediante el arrastre de material en pequeñas distancias. Puede cortar, cargar y rellenar, dándole forma al terreno hasta llegar al perfil deseado. Se utiliza principalmente para extender y nivelar terrenos, excavar cunetas y nivelar taludes. Tiene un rendimiento aproximado de 250 m<sup>3</sup>/h para extender, 1600 m<sup>2</sup>/h para nivelar y 400 m<sup>2</sup>/h para refinar.

**Figura 45. Motoniveladora**

Fuente: elaboración propia

## Transporte y descarga

Debido a que el movimiento de tierras requiere de desplazar geográficamente los diferentes materiales, es indispensable la utilización de vehículos especiales para dicho fin.

### *Tipos de maquinaria*

- Camión articulado: son camiones que poseen un eje trídem, son de aspecto alargado y se utilizan principalmente para transporte de áridos y aglomerados asfálticos. Si poseen refuerzo en su caja, pueden transportar rocas. Tienen una capacidad máxima de carga de 17 toneladas.

**Figura 46. Camión articulado**

Fuente: elaboración propia

- Camión basculante: es un tipo de camión de eje sencillo con cuatro llantas traseras y posee una caja sencilla. Pueden llegar a cargar hasta 11 toneladas.

**Figura 47. Camión basculante**

Fuente: elaboración propia

- Camión dúmper extravial articulado: poseen una capacidad menor a la del rígido, pero, al ser articulado, transitan de manera más eficaz en terreno fangoso y toleran pendientes más inclinadas, así como poseen una mayor maniobrabilidad.

**Figura 48. Dúmper extravial articulado**

Fuente: elaboración propia

- Camión dúmper extravial rígido: son camiones utilizados para mover grandes cantidades de tierra dentro de las pistas internas del proyecto, debido a que su gran peso por si solo ya afecta el asfalto. Puede cargar entre 90 y 150 tn dependiendo del volumen del material.

**Figura 49. Dúmpер extravial rígido**

Fuente: elaboración propia

- Camión dúmpер: son camiones reforzados que poseen una capacidad máxima de carga de 22 toneladas. Son los ideales para transportar material en carretera y para trasladar terreno excavado, esto debido a su facilidad para realizar maniobras en todo tipo de terreno.

**Figura 50. Dúmpер**

Fuente: elaboración propia

- Camiones de transporte de maquinaria pesada: son vehículos encargados de transportar y repartir maquinaria pesada mediante varios ejes”.

**Figura 51. Grúa transporte**

Fuente: elaboración propia

## Compactación

La compactación es una tarea fundamental que permite darle mayores propiedades mecánicas al suelo, entre estas proporcionarle una mayor capacidad de carga y disminuir los asentamientos.

Para realizar una correcta compactación se necesita conocer la densidad del material y la densidad de compactación, siendo esta obtenida mediante un ensayo Proctor. Por lo tanto, se deben determinar diferentes cantidades de humedad necesaria y el valor total de la energía de compactación mediante ensayos de laboratorio para lograr esta densidad deseada. De modo que dicha energía se consigue por la cantidad de pasadas que realice el compactador sobre el material. Esta energía se consigue por vibración en el caso de suelos granulares y por amasado en suelos plásticos.

### ***Tipos de maquinaria***

- Compactadores de suelo plástico: se denominan pata de cabra debido a que poseen una serie de patas o pistones dentro de su superficie. Así mismo, combinan un efecto de amasado por su gran velocidad. También pueden utilizar la vibración para penetrar dentro del material y llegar a las partes más profundas del material, evitando una compactación superficial.

**Figura 52. Compactadora pata de cabra**

Fuente: elaboración propia

- Compactadores de suelos granulares: en los suelos granulares se utiliza un tambor liso vibratorio que compacta el suelo mediante pequeños saltos, este aumenta la densidad del material por el número de pasadas que realiza.

**Figura 53. Compactadora lisa**

Fuente: elaboración propia

- Compactadores de pavimento: los compactadores de pavimento utilizan neumáticos, los cuales se encargan de preparar el pavimento para el paso de los vehículos.

**Figura 54. Compactador de neumáticos**



Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO 4

# SISTEMAS DE CONTENCIÓN

En algunos casos, antes de realizar el movimiento de tierras, se necesita la creación de sistemas estructurales que garanticen la estabilidad del terreno. Por tal motivo, los sistemas principales para contener el terreno son:

- Muro de pantalla continuo con anclajes: es un muro que contiene el terreno cuando se desea realizar una construcción de manera profunda. Se utilizan anclajes en diferentes niveles para poder garantizar excavaciones a grandes profundidades. Además, pueden tener diferentes dimensiones, según la tipología del proyecto o del terreno.

**Figura 55. Muro pantalla**



Fuente: elaboración propia

Sus procedimientos constructivos son:

1. División del muro pantalla: se fragmenta el muro pantalla principal mediante diferentes muros, estos pueden tener una longitud de hasta seis metros y deben ser lo más uniforme posible. Estos muros se denominan bataches.
2. Depósito de lodos y taller de armado: debido a que este tipo de excavación utiliza lodos para mantener la estabilidad del terreno a medida que se excava, resulta necesario tener un depósito y bombas para los lodos utilizados, así como un taller de armado para realizar la estructura correspondiente.
3. Construcción de guías: para poder facilitar la excavación y mantener una correcta continuidad, se construyen pequeños muros alrededor del perímetro de la excavación. Generalmente, estos muros tienen 20 cm de ancho y menos de un metro de altura.
4. Excavación: debido a que es una excavación profunda, la maquinaria utilizada es una grúa con cuchara bivalva. Durante la excavación se suministran los lodos que evitan que el terreno interno se desmorone mientras se realiza la excavación. Los lodos son controlados mediante un sistema de bombas.
5. Juntas: las juntas permiten que los muros bataches se puedan empalmar con los otros muros; estas se colocan después de haber alcanzado la profundidad deseada.
6. Instalación de la armadura: esta operación se realiza con la ayuda de una grúa y consiste en introducir la armadura del muro. Después a su colocación, se suspende mediante ganchos.
7. Vaciado del concreto: es un procedimiento bastante delicado puesto que, de realizarse de manera incorrecta, puede generar desprendimientos en el terreno. El proceso consiste en introducir el concreto desde el fondo hasta la superficie, al mismo tiempo que se succiona el lodo. La diferencia de densidades es la que se encarga del resto; por lo tanto, el proceso termina cuando en la parte superior empieza a salir concreto limpio.
8. Limpieza de la pantalla: es un procedimiento que retira la parte más contaminada del concreto dentro del primer metro de la pantalla, esto se realiza con el fin de mantener la calidad del mismo.
9. Viga corona: una vez se ha limpiado el muro, se procede a realizar la viga corona, la cual tiene el ancho del batache y una esbeltez de hasta 80 cm.
10. Excavación y retiro de bultos: debido a que pueden existir desprendimientos del material durante cualquier proceso anterior, se pueden generar bultos o barrigas en la pantalla, los cuales deben ser retirados. Así mismo, se comienza a excavar el material y a instalar los anclajes.

- Muro escollera: un muro escollera sirve para contener terrenos frente a deslizamientos en laderas. Por este motivo, son elementos permeables que permiten la eliminación del agua. Poseen una cimentación y un cuerpo.

**Figura 56. Muro escollera**



Fuente: elaboración propia

Sus procedimientos constructivos son:

1. Localización y replanteo: se ubican los espacios donde debe ir el muro y se delimita topográficamente.
2. Excavación: se realiza la excavación del terreno hasta la cota donde debe ir su cimentación. Generalmente, se ubica a una altura igual a un tercio de su altura sobre la rasante.
3. Cimentación: la cimentación se realiza con el mismo material del muro, apoyado directamente sobre el terreno.
4. Montaje: se instalan las rocas según las especificaciones técnicas del muro, debido a que estas pueden tener diferentes tipos de aparejo.
5. Drenaje: a pesar de que el muro de por sí es permeable, generalmente se realiza una cuneta y, si existen niveles freáticos cerca a la altura del muro, se instalan tuberías en el interior del mismo.
6. Coronación: dependiendo del material del muro, se considera la aplicación de mortero en las juntas con el fin de que el muro no pierda estabilidad por procedimientos erosivos.
7. Muros gaviones: un muro gavión es otro sistema de contención permeable; se trata de rocas fragmentadas que son empaquetadas por medio de mallas formando canastas prismáticas. Además, permiten el desarrollo de vegetación en su interior.

**Figura 57. Muro de gaviones**



Fuente: elaboración propia

Su procedimiento constructivo es:

1. Localización y replanteo: se ubican los espacios donde debe ir el muro y se delimita topográficamente.
  2. Excavación: se realiza la excavación del terreno mediante terrazas según lo indicado por las especificaciones técnicas.
  3. Armado de los gaviones: se procede a armar las mallas según la tipología del material y las medidas indicadas en las especificaciones técnicas del proyecto.
  4. Llenado de gaviones: consiste en llenar con el material establecido en las especificaciones técnicas, generalmente son tajos de roca lisa de diferentes diámetros.
  5. Relleno: es el último procedimiento de la construcción de este tipo de muros. Consiste en colocar los gaviones o llenarlos en el sitio donde van a ubicarse. Posteriormente, se compactan a medida que se eleva la terraza.
- Muros de tierra armada: son usados principalmente para elevar terraplenes de forma vertical. Están compuestos por materiales áridos a los que se les aplican armaduras de acero. Pueden ser bandas o barras de metal que mejoran las propiedades mecánicas del material.

**Figura 58. Muro de tierra**

Fuente: elaboración propia

Su proceso constructivo es:

1. Localización y replanteo: se ubica los espacios donde debe ir el muro y se delimita topográficamente.
2. Excavación: se realiza la excavación de la caja, en caso de ser necesario, para poder colocar las armaduras, los drenajes, etc.
3. Trazado y posicionamiento de la solera de reglaje: es un elemento primordial para nivelar la superficie y que facilita el apoyo de la primera fila de escamas.
4. Se realiza la instalación de la primera fila de placas y se estabilizan mediante apuntalamiento y prensas de madera.
5. Se rellena la primera capa del material hasta la primera línea de conectores.
6. Se compacta el terreno;
7. Se instalan los refuerzos;
8. Se realiza el relleno sobre los refuerzos;
9. Se compacta el terreno;
10. Se coloca la segunda línea de placas;
11. Se repite el ciclo hasta terminar con las placas de coronamiento.



## CAPÍTULO 5

# ZANJAS

Una zanja es una excavación de terreno donde prima la longitud de la sección sobre su anchura. Se realiza principalmente para enterrar todo tipo de instalaciones como agua potable, saneamiento básico y todo tipo de servicios, los cuales se denominan “conducciones”.

**Figura 59. Zanja**



Fuente: elaboración propia

Las actividades principales para la elaboración de una zanja son las siguientes:

## Desbroce y limpieza del terreno

Primero, se realiza el retiro de todo el material vegetal, raíces y otros elementos superficiales inertes que obstaculizan la tarea de localización y replanteo.

## Localización y replanteo

Consiste en delimitar las dimensiones de la zanja según su ubicación geográfica dentro del terreno.

## Actividades dentro de entorno urbano

Cuando se debe realizar este tipo de excavaciones en un entorno urbano, se deben hacer diferentes procedimientos para tratar y retirar de manera correcta el pavimento.

### Corte

Para realizar el corte del pavimento se utiliza una sierra con disco, de tal forma que se evite contaminar y dañar el resto del pavimento. El tamaño del disco o de la máquina depende directamente del grosor y la dureza del pavimento. Consecuentemente, existen dos tipos de maquinaria: la sierra de corte sencilla y una cortadora de picas.

Figura 60. Sierra de corte sencilla



Fuente: elaboración propia

**Figura 61. Cortadora de picas**

Fuente: elaboración propia

### ***Picado***

Después del corte, se procede a demoler y recoger el material que se debe retirar. Generalmente, se utiliza una retrocargadora con un martillo rompedor en un brazo y en el otro se utiliza la retro.

### ***Nivel freático***

Si dentro del área de excavación se encuentra algún nivel freático, este deberá ser eliminado temporalmente por medio de succión con el fin de continuar con los procedimientos

### ***Excavación***

Una excavación de zanja puede realizarse por los siguientes métodos:

- Directa: cuando la profundidad no supera 1 metro y el desprendimiento del terreno no es un problema, se puede utilizar con retroexcavadora sin interrupciones.

**Figura 62. Excavación directa**

Fuente: elaboración propia

- Taludes: cuando la zanja se encuentra en terrenos abiertos, existe la posibilidad de excavar mediante la creación de un talud que permita llegar hasta el nivel necesario sin que existan desprendimientos de terreno.

**Figura 63. Excavación con talud**

Fuente: elaboración propia

- Entibada: cuando la excavación es mayor a 2 metros y existe riesgo de desprendimiento, se deben realizar entibaciones en el perímetro longitudinal de la zanja. Posteriormente, se procede a la excavación.

**Figura 64. Excavación entibada**

Fuente: elaboración propia

### **Maquinaria de excavación de zanjas**

Es un tipo de excavación que requiere de entibación inmediata. Se realiza por medio de diferentes maquinas:

- Zanjadora de brazo inclinado: es una máquina que posee un brazo con una serie de cuchillas y realiza la excavación mediante un movimiento circular ejercido por cadenas. Esta excava y retira el material hacia un costado de la máquina.

**Figura 65. Zanjadora de brazo inclinado**

Fuente: elaboración propia

- Zanjadora cortadora con disco de picas: es una máquina que posee un disco giratorio de aproximadamente 2 metros de diámetro con picas que le permiten excavar y picar cualquier tipo de terreno.

**Figura 66. Zanjadora con disco de picas**



Fuente: elaboración propia

- Zanjadora de rueda: es una máquina que posee una rueda con pequeños recipientes con dientes cónicos, que al empezar a girar extrae el material por medio de ellos. A su vez, transporta el material mediante una cinta transportadora a un costado de la máquina.

**Figura 67. Zanjadora de ruedas**



Fuente: elaboración propia

## Entibación

La entibación es un proceso que se realiza para contener los terrenos de manera provisional y es utilizado de manera frecuente dentro de la industria de la construcción. Esta puede realizarse por medio de diferentes elementos y materiales. El proceso consiste principalmente en excavar el terreno y, luego de la excavación, hincar cajones según se avanza en la actividad.

Los dos sistemas más utilizados para el proceso de entibación son:

- **Blindaje:** es un sistema que utiliza paneles contra las paredes de la zanja, siendo apoyados entre sí por medio de codales y tornapuntas.
- **Tablestacas:** es un sistema donde se entiba la zanja por medio de paneles con el fin de generar un hueco en el interior. Después de construir la cámara interna, se procede con el resto de la zanja y la instalación de las conducciones.

## Conducciones

Antes de colocar cualquier tipo de conducción, es indispensable utilizar una pequeña cámara de arena que tenga entre 5 y 10 cm de espesor para crear un sistema de apoyo continuo, el cual permita la nivelación de tuberías. Así mismo, se pueden apoyar sobre piezas prefabricadas, sobre todo en casos de grandes tuberías.

**Figura 68. Instalación de conducciones con elementos prefabricados**



Fuente: elaboración propia

## Relleno y compactación

Para el relleno y la compactación, se maneja la misma tipología de maquinaria que para movimientos de tierra convencionales. Sin embargo, como debajo del material se encuentran objetos que pueden ser dañados, la maquinaria utilizada es más pequeña y menos pesada.

Para materiales granulares, se utilizan planchas vibrantes tipo rana; para terrenos blandos o plásticos, se utilizan rodillos vibratorios pata de cabra para compactarlos.

## Instalación de conducciones sin excavación de zanjas

En los casos específicos donde no se puede realizar la zanja, se tiene que colocar las conducciones por debajo del terreno sin excavación. Esto puede ocurrir cuando una conducción atraviesa una autopista, línea férrea o un río, entre otros.

Este tipo de instalación se realiza mediante diferentes tipos de perforación, entre ellos tenemos:

- Perforación desde superficie: es un tipo de perforación donde una máquina autopropulsada sobre cadenas se introduce en el terreno y lo perfora mediante empuje y rotación, aumentando su potencia mediante la humectación del terreno por inyección de agua.
- Perforación de hélice continua: este tipo de perforación se ejecuta desde un pozo excavado con anterioridad. En este caso, un cilindro hidráulico empuja un tubo con hélice y motor que produce una rotación y perfora el material.
- Perforación con martillo de fondo: es una perforación de pequeño diámetro en la que se utiliza un accionamiento mediante aire comprimido, taladrando de manera horizontal desde un foso.
- Perforación con micro tuneladora: es una perforación con maquinaria enterrada encargada de cortar roca, excavar y facilitar la instalación de revestimientos o tuberías. Estas pueden ser por empuje de cilindros, por escudo o doble escudo.

## CAPÍTULO 6

# VOLADURAS

Cuando existen materiales muy duros, se imposibilita el uso de maquinaria para poder extraerlo, de tal forma que se requiere fragmentar la roca por medio de la implementación de voladuras.

**Figura 69. Voladura**



Fuente: elaboración propia

Este tipo de procedimiento puede utilizarse en cualquier obra de ingeniería civil. Sin embargo, se utilizan principalmente en:

- Obras lineales;
- Obras hidráulicas;
- Retiro del material rocoso encontrado en los movimientos de tierra.

Ahora bien, para poder desarrollar dicho procedimiento de voladura, se debe pasar por las siguientes fases.

## Definición del proyecto de voladura

Como en cualquier otro tipo de proyecto, dentro de este deben especificarse unos objetivos, una memoria, unos cálculos, unos planos y un presupuesto. En este proyecto se especifica de manera clara qué tipo de explosivo se debe utilizar, indicando su cantidad y distribución.

Estos proyectos se realizan con el fin de autorizar la detonación del material. Del mismo modo, durante el momento de la explosión debe existir personal autorizado que realice la verificación de que el procedimiento es el indicado y que se cumple con todas las condiciones pertinentes.

## Perforación del material

En la formulación del proyecto de voladura se especifica la cantidad de perforaciones (barrenos), los cuales pueden variar en diámetro y se realizan en el material rocoso. Estos son esenciales para la correcta colocación de los explosivos.

La maquinaria utilizada para perforar el terreno es:

- Carros perforadores: son carros que poseen un brazo que puede adoptar diferentes posiciones según el ángulo que requiera la perforación. Esta se realiza por medio de percusión y rotación, teniendo en la punta un martillo perforador, el cual puede ser de diversos materiales como el tungsteno o la vidia, entre otras.

**Figura 70. Perforadora**



Fuente: elaboración propia

- Jumbos perforadores: un jumbo perforador es un vehículo que posee uno o múltiples brazos perforadores horizontales, los cuales pueden moverse de manera completamente independiente los unos de los otros. Son utilizados generalmente en túneles.

**Figura 71. Jumbo perforador**

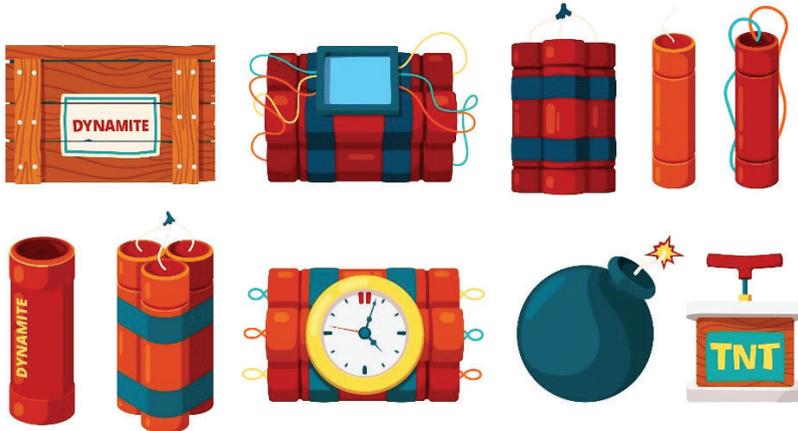


Fuente: elaboración propia

## Explosivos

Un explosivo es aquella sustancia que tiene la capacidad de aumentar la presión y temperatura de un gas en espacios pequeños, generando una expansión inmediata y produciendo una onda.

**Figura 72. Variedad de explosivos**



Fuente: elaboración propia

La primera onda generada es la de choque y se propaga en todas las direcciones a la velocidad del sonido. Sin embargo, esta se amortigua a medida que se aleja de su foco de explosión, de tal manera que, cuando llega a una perforación sin explosivo, ocurre una rotura.

## ***Características de un explosivo***

Las características principales de un explosivo son:

- **Potencia explosiva:** es la capacidad que tiene el explosivo para fragmentar las rocas. Se expresa mediante la energía y el trabajo que puede lograr.
- **Velocidad de detonación:** es la capacidad que tiene el explosivo para transformarse en un volumen de gas a gran presión y temperatura. Esta característica permite considerar si se desean grandes o pequeños fragmentos, de modo que, a una mayor velocidad, menor el tamaño de las partículas resultantes.
- **Poder de rotura:** es la capacidad del explosivo.
- **Densidad:** un valor de densidad mayor determina un mayor poder rompedor.
- **Resistencia al agua:** es la capacidad de mantener todas sus propiedades ante la presencia de agua.
- **Sensibilidad:** es la cantidad de energía que necesita ser comunicada al explosivo para que explote.

## ***Tipos de explosivos***

Generalmente, los explosivos usados en la industria de la construcción poseen una velocidad de detonación entre 2000 y 8500 m/s y se dividen en dos grupos principales:

- **Primarios:** dentro de este grupo se encuentran aquellos que poseen una gran energía explosiva y una gran sensibilidad. Son utilizados principalmente para activar a los explosivos secundarios.
- **Secundarios:** dentro de este grupo se encuentran aquellos que realmente fragmentan el material rocoso. Son menos sensibles, pero poseen mayor fuerza de detonación. Pueden ser convencionales (gelatinosos y pulverulentos) y sus agentes explosivos son el anfo, el hidrogel, emulsiones o anfo pesado.

## ***Parámetros para la elección del tipo de explosivo***

Los siguientes aspectos son los parámetros que se deben considerar para el tipo de explosivo que se utiliza en la detonación.

- **Lugar y tipo de trabajo:** es importante determinar si la voladura será realizada en superficie, subterránea o en un túnel.
- **Diámetro de barrenos:** existen algunos tipos de explosivos que necesitan de un diámetro específico con el fin de que no ocurran imprevistos al momento de la detonación. Por tanto, se limitan por una condición denominada diámetro crítico.

- Tipo de material rocoso: la tipología del material es de suprema importancia; por ejemplo, un material fisurado necesita explosivos potentes. Sin embargo, las rocas plásticas necesitan explosivos que produzcan más gases y, por lo tanto, menos velocidad de detonación.
- Presencia de agua: los explosivos de goma son resistentes al agua, al igual que los de hidrogel y las emulsiones. Sin embargo, los explosivos pulverulentos y anfo son inservibles en agua.

## ***Detonación***

Para poder generar una explosión es necesario provocar la detonación del explosivo. Por lo tanto, el detonador tiene la función de enviar la señal al explosivo para que este inicie la explosión. En algunos casos existen explosivos que necesitan más energía; por esto, se utilizan multiplicadores para lograr dicho fin.

Los tipos de detonadores son:

- De cordón: es un tubo con fibras textiles y plásticas con material explosivo que transmite la detonación hacia los explosivos.
- Eléctricos: poseen un nivel alto de precisión y permiten obtener un nivel de mínima vibración, generalmente utilizado para voladuras en túneles.
- Electrónicos: son utilizados principalmente en demoliciones que necesitan gran precisión, debido a que son el mejor producto que existe actualmente en el mercado.
- Micro retardo: son redes intercaladas de cordón detonante que provocan un efecto de retardo aproximado de 15 a 25 milisegundos.
- Multiplicadores: son iniciadores detonantes para explosivos que requieren de mayor energía y con poca sensibilidad.
- No eléctricos: son detonadores que utilizan una onda de choque y calor canalizada mediante un tubo plástico, son versátiles y de muy fácil uso.
- Retiro y transporte del material: luego de la detonación, se realiza el retiro, transporte y deposición final del material, mediante la utilización de maquinaria y procedimientos establecidos en el capítulo de movimiento de tierras.



## CAPÍTULO 7

# MEDIOS DE ELEVACIÓN Y MAQUINARIA AUXILIAR

Dentro de los procesos constructivos se deben utilizar diferentes tipos de elementos con el fin de optimizar los costos, el rendimiento y la seguridad al realizar la actividad. Algunos de los elementos utilizados dentro de estos procesos son:

### **Grúas**

Estos dos tipos de grúas hacen parte de la maquinaria que se utiliza para elevar los materiales dentro de la construcción. Sin embargo, adicionalmente a estos existen diferentes camiones y elementos que permiten movilizar de manera moderada el transporte de algunos materiales.

**Figura 73. Grúas**



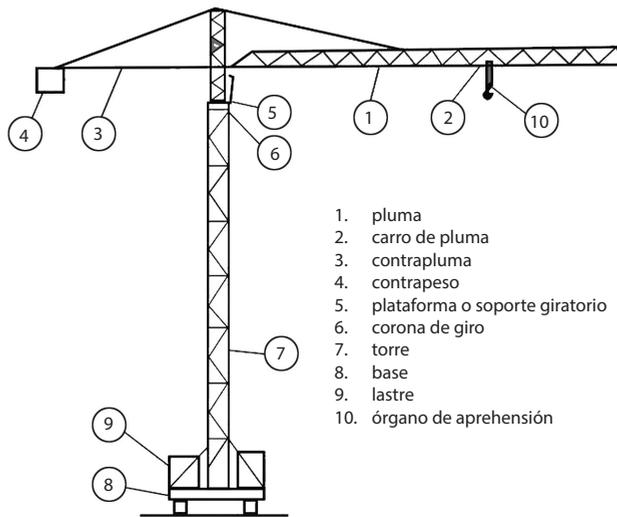
Fuente: elaboración propia

## Grúa torre

Una grúa torre es un dispositivo mecánico que posee alimentación eléctrica para elevar el material. Estas están compuestas por una torre vertical de celosía metálica y se conecta en la parte superior por un elemento denominado corona de giro.

Esta torre conectada por medio de vigas en celosía permite la elevación de cargas. Se divide en dos partes horizontales principales: la pluma y la contra pluma.

Figura 74. Partes de una grúa torre



1. pluma
2. carro de pluma
3. contrapluma
4. contrapeso
5. plataforma o soporte giratorio
6. corona de giro
7. torre
8. base
9. lastre
10. órgano de aprehensión

Fuente: elaboración propia

Este elemento horizontal puede ser fijo. En algunos casos, es posible la modificación de la pendiente del elemento o pueden estar apoyadas sobre estos, lo que les permite el desplazamiento mientras no se encuentren transportando carga.

El carro de carga se encuentra dentro de la pluma y este sí puede desplazarse dentro del espacio. Este carro es el que permite el transporte del material, teniendo límites de carga de hasta 2500 kg en su parte más extrema, con longitudes de 32, 42 o 52 metros de pluma.

Cabe resaltar que este tipo de estructuras necesitan un plan de montaje, donde se especifiquen qué tipo de cimentaciones se utilizará y los usos que se le dará a la grúa dentro del proyecto de construcción.

## **Grúa móvil**

Las grúas móviles se utilizan cuando la elevación se requiere en los siguientes casos:

- Las cargas para elevar superan los límites de las grúas torre;
- No se extiende la utilización de métodos de elevación de manera prolongada;
- Varía espacialmente el lugar de trabajo.

Estas máquinas están compuestas de:

1. Un brazo o pluma con contrapeso;
2. Un chasis rígido portante;
3. Brazos estabilizadores.

**Figura 75. Grúa móvil**



Fuente: elaboración propia

Este tipo de grúas pueden elevar una carga a una distancia máxima longitudinal de 3 metros de radio. Por lo tanto, esta es una de las limitantes que debe considerarse al utilizar este tipo de máquina. Pueden cargar desde 35 toneladas hasta las 700 en sus versiones más robustas, llegando a alturas de hasta 135 metros.

## **Andamios**

### **Andamios tubulares**

Los andamios son una estructura metálica ligera que se encuentra compuesta por elementos lineales conectados entre sí, los cuales permiten desarrollar plataformas de trabajo desmontables que pueden ser móviles o fijos.

Los andamios móviles permiten realizar con facilidad tareas a menos de 6 metros de altura; sin embargo, deben tener una base estable que impida su volcamiento. Al igual que las grúas torre, los andamios deben tener su propio plan de montaje y desmontaje, así como debe estar certificado con algún tipo de normativa vigente que regule su uso y certifique su idoneidad para el trabajo.

**Figura 76. Andamios**



Fuente: elaboración propia

### ***Andamios suspendidos***

Son un tipo de plataforma de trabajo que se suspende por medio de cables y un sistema de contrapesos. Se denominan andamios complejos y actualmente no se utilizan para procesos de construcción debido a su inestabilidad e inseguridad.

Sin embargo, son bastante utilizados para labores de mantenimiento de las fachadas de los edificios, siendo indispensable el uso de líneas de vida por medio de arneses en cada uno de los operarios.

**Figura 77. Andamio suspendido**



Fuente: elaboración propia

## Plataformas de elevación motorizadas

### *Móviles*

Son un tipo de maquinaria eléctrica o de combustión que eleva un mástil articulado hasta una altura de 25 metros.

**Figura 78. Plataforma móvil**

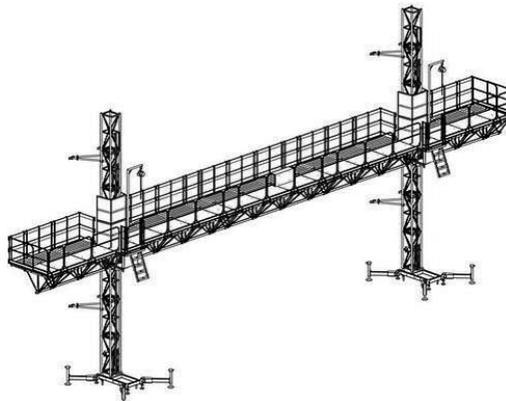


Fuente: elaboración propia

### *Fijas*

Son un tipo de maquinaria eléctrica de mástiles con apoyos fijos sobre el terreno. Estos se reconocen como un tipo de andamio innovador con fácil montaje y ejecución, alcanzan alturas de hasta 24 metros y se caracterizan por apoyarse en el concreto y sujetarse con la estructura para evitar volcamientos.

**Figura 79. Plataforma fija**



Fuente: elaboración propia

## Cimbras

Las cimbras son un tipo de estructura auxiliar que sostiene de manera provisional el peso de una estructura, como lo es una losa de entrepiso, un puente o cualquier elemento que necesite soportarse durante su fase de construcción.

**Figura 80. Sistema de apuntalamiento**



Fuente: elaboración propia

Se vuelven necesarios cuando la altura de la cimbra es mayor a 3.5 metros y la carga por metro cuadrado supera los 5 kN. Si los valores son menores a estos, se opta por la utilización de sistemas de apuntalamiento, generalmente en edificaciones.

### ***Cimbras autoportantes***

Son un tipo de cimbras que se caracterizan por tener estructuras metálicas auxiliares. Dichas cimbras no se apoyan directamente sobre el terreno, sino sobre elementos estructurales ya construidos. Son extremadamente útiles en alturas considerables. Se utilizan mucho en la construcción de puentes y son apoyadas en los pilares.

**Figura 81. Cimbra autoportante**



Fuente: elaboración propia

## Encofrados

Un encofrado es aquel molde necesario para determinar la sección de un elemento estructural de concreto reforzado. Por tal motivo, debe aportar las siguientes características:

- Calidad: deben proporcionar un acabado estético del material.
- Estabilidad: debe resistir a los empujes del concreto cuando se encuentra en estado líquido.
- Estanqueidad: debe proporcionar la preservación de la lechada del concreto (la parte más líquida) durante el proceso de fraguado y endurecimiento con el fin de evitar porosidades y conseguir el acabado esperado.
- En la actualidad existen diferentes tipos de encofrados, los cuales varían en su forma geométrica dependiendo del tipo de elemento que se desea construir:
- Encofrado para columnas: las columnas de un edificio se suelen encofrar mediante paneles continuos que forman las caras de la columna. Se utilizan mecanismos de fijación para unir las caras y, dependiendo de la esbeltez del elemento, es necesario utilizar más o menos puntales de apoyo. Estos encofrados pueden ser de sección rectangular o circular, así como el material puede variar entre metal y madera.
- Encofrado para losas de entrepiso: están constituidos principalmente por el sistema de cimbras o apuntalamiento, junto con un sistema de tableros que limita la plataforma de trabajo y la superficie de encofrado. Adicionalmente, debe ajustarse a la tipología de la losa, por ejemplo, si es aligerada, si tiene viguetas, etc.

**Figura 82. Encofrado losa entrepiso**



Fuente: elaboración propia

- Encofrados muros a dos caras: los muros a dos caras utilizan un sistema de paneles conectados por espadines (tubos de PVC). Estos paneles guardan la separación del muro con base a la longitud de los espadines. Debido a que es a dos caras, no requiere de apuntalamiento, solo necesita puntales de aplomado.

**Figura 83. Encofrado muro a dos caras**



Fuente: elaboración propia

- Encofrados muros a una cara: cuando se vacía el concreto de un muro contra el terreno, solo se encofra una de sus caras. Sin embargo, este necesita ayuda para lograr su estabilidad; por lo tanto, la cara donde se encuentra el encofrado se somete a apuntalamiento.

**Figura 84. Encofrado muro a una cara**



Fuente: elaboración propia

### ***Encofrados trepantes***

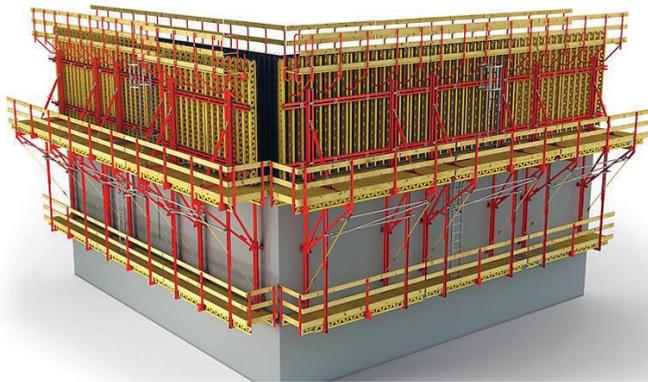
Este es un sistema de encofrado que permite construir cuando la altura del elemento con respecto al terreno es considerable. Este tipo de sistema funciona por

medio de una consola de trepado, la cual es básicamente una estructura metálica que soporta la carga de todos los elementos del encofrado.

Posee una plataforma de trabajo que permite colocar las armaduras y los tableros, así como un sistema de anclaje que permite fijar la consola a medida que trepa el elemento, estas quedan embebidas en el concreto y, cuando se extraen los puntos, pueden ser rellenados.

Adicional a la consola, se utilizan medios de elevación para instalar la consola de trepado y transportar los diferentes elementos.

**Figura 85. Encofrados trepantes**



Fuente: elaboración propia

Este tipo de sistema presenta los siguientes inconvenientes:

- Acabados superficiales diferentes cuando se vacía el concreto en diferentes épocas.
- El sistema de montaje depende completamente de una grúa para su instalación y desinstalación.
- El sistema requiere de medios de elevación para los operarios y los materiales.
- Presencia de las juntas entre los paneles.

### ***Encofrado auto trepante***

Son similares a los encofrados trepantes, con la diferencia de que este sistema posee cilindros hidráulicos que permiten la elevación del mismo por medio de guías, sin ayuda de medios de elevación auxiliar.

**Figura 86. Encofrado auto trepante**



Fuente: elaboración propia

Dentro de las ventajas de este sistema se encuentran:

- Ausencia de medios de elevación adicionales;
- Anclaje permanente a la estructura que se está construyendo.

Y sus desventajas son:

- Presencia de las juntas entre los paneles;
- Puede presentar retrasos por fallos del sistema hidráulico afectando el cronograma y generando pérdidas.

### ***Encofrados deslizantes***

Este sistema permite desplazar el encofrado casi al mismo tiempo que va fraguando el concreto y genera acabados muy esbeltos sin juntas ni huecos de anclajes. Se utilizan principalmente para estructuras que necesitan estanqueidad como lo son depósitos de gas, depósitos de agua o pilas de puentes, etc.

**Figura 87. Encofrado deslizante**



Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO 8

# PUENTES

Los puentes son un tipo de infraestructura singular en su diseño, ejecución y presupuesto. Básicamente, es una estructura elevada que hace parte de una obra lineal con el fin de darle continuidad y comunicar dos extremos cuando existe una depresión en el terreno.

**Figura 88. Puente**



Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, un puente es aquel que permite de manera estricta la circulación debajo del mismo. Sin embargo, un viaducto es aquel que salvaguarda un desnivel de manera pronunciada, es decir, la altura entre el suelo y su estructura es superior a la necesaria para permitir el paso de cualquier vehículo.

## Estructura de un puente

Esencialmente, un puente está constituido por dos partes fundamentales: la infraestructura, la cual se compone de cimentación, pilares o cualquier otro tipo de apoyo, y la superestructura, compuesta por el tablero, las barandillas, los drenajes, barreras de seguridad, la vía, la señalización e iluminación.

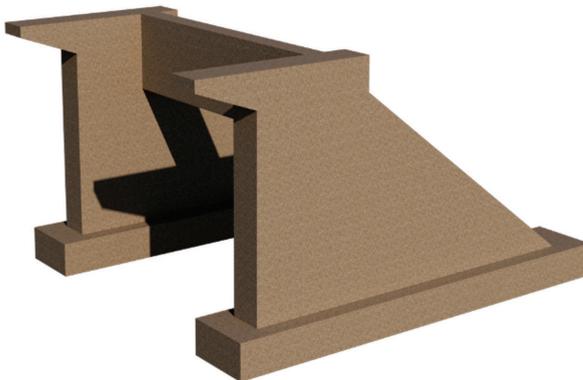
### Cimentación

La cimentación de un puente depende del tipo de terreno sobre el que se apoya. Generalmente, se utilizan pilotes de gran diámetro, pero se pueden hacer por medio de zapatas si el estrato óptimo no se encuentra a gran profundidad.

### Tipos de apoyo

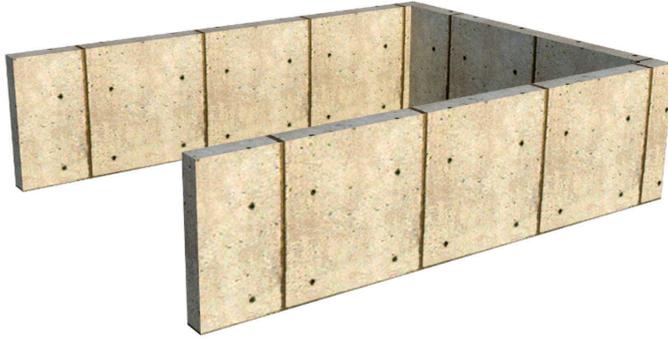
- Apoyos extremos: son la parte del puente donde ocurre la etapa de transición entre el terreno y la estructura del mismo. Estos pueden ser:
  - » Estribos abiertos: a diferencia del cerrado, en este no existe un muro frontal, sino dos pantallas laterales donde se apoya el tablero; también se apoyan directamente sobre el terreno natural.

Figura 89. Estribo abierto



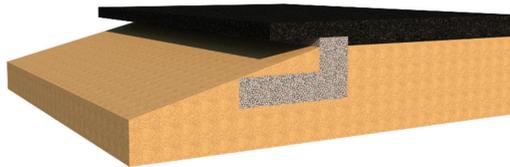
Fuente: elaboración propia

- » Estribos cerrados: son los más comunes y constan de un muro frontal donde va apoyado el tablero del puente. Se apoyan sobre el terreno y no sobre un terraplén.

**Figura 90. Estribo cerrado**

Fuente: elaboración propia

- » Estribos flotantes: se encuentran apoyados sobre el terreno y se compactan dentro del mismo terraplén.

**Figura 91. Estribo flotante**

Fuente: elaboración propia

- » Muros de tierra: prácticamente son estribos flotantes, sin embargo, el empuje del terreno se contiene por medio del muro de tierra, soportando la presión ejercida por el terraplén.
- Apoyos intermedios: los apoyos intermedios son los que se encuentran a lo largo de la estructura del puente o viaducto.
  - » Apoyo elastómero: son un tipo de apoyo utilizado en los demás tipos de apoyos intermedios y extremos. Estos elastómeros denominados también neoprenos son un material que se encuentra entre el apoyo y el tablero y poseen la capacidad de soportar cargas verticales, siendo un tipo de apoyo articulado que permite la traslación y el giro.

**Figura 92. Neoprenos sosteniendo el tablero tipo cajón**



Fuente: elaboración propia

- » Arcos: los arcos pueden ser de acero con múltiples apoyos en celosía, así como pueden ser de concreto con sección variable.

**Figura 93. Puente tipo arco**



Fuente: elaboración propia

- » Cables verticales: son apoyos intermedios utilizados para sostener el tablero en puentes colgantes. Están suspendidos por medio de un arco parabólico que se sujeta de pilas intermedias.
- »

**Figura 94. Puente atirantado**

Fuente: elaboración propia

- » Pilares inclinados: se denominan también jabalcones y se caracterizan por tener forma de arco. Se utilizan cuando no se pueden utilizar apoyos intermedios.

**Figura 95. Puente con pilares inclinados**

Fuente: elaboración propia

- » Pilares verticales: son un tipo de apoyo de sección constante o variable que se apoya directamente sobre el terreno natural. Cuando existen varios pilares soportando una misma carga, se utiliza un dintel para que logre apoyar el tablero.

**Figura 96. Pilares verticales**

Fuente: elaboración propia

- » Pilonos: son elementos estructurales esbeltos utilizados para anclar los cables en los puentes atirantados.

**Figura 97. Puente con pilonos**

Fuente: elaboración propia

## **Tablero**

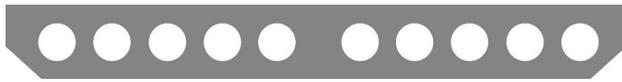
El tablero es el elemento estructural de un puente por donde transitan las personas y los vehículos. Así mismo, se compone de las señalizaciones, los drenajes, barras de seguridad e iluminación. Existen diferentes tipos de tableros para puentes:

- Tablero de cajón: son tableros de sección cerrada y resistentes a la torsión. El cajón reposa debajo de una losa y puede ser de concreto pretensado o postensado, así como pueden ser metálicos.

**Figura 98. Tablo tipo cajón**

Fuente: elaboración propia

- Tablero de concreto aligerado: son elementos con canto variable o constante que poseen una sección transversal que permite aligerarla. Alcanza luces de hasta 20 metros y, con elementos pretensados, hasta los 35 metros.

**Figura 99. Tablero aligerado en concreto**

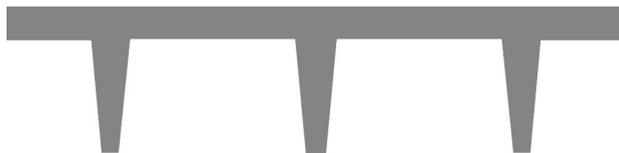
Fuente: elaboración propia

- Tablero de concreto macizo: son elementos macizos que pueden llegar a medir hasta 15 metros; cuando es pretensando, puede alcanzar hasta 25 metros de luz.

**Figura 100. Tablero de concreto macizo**

Fuente: elaboración propia

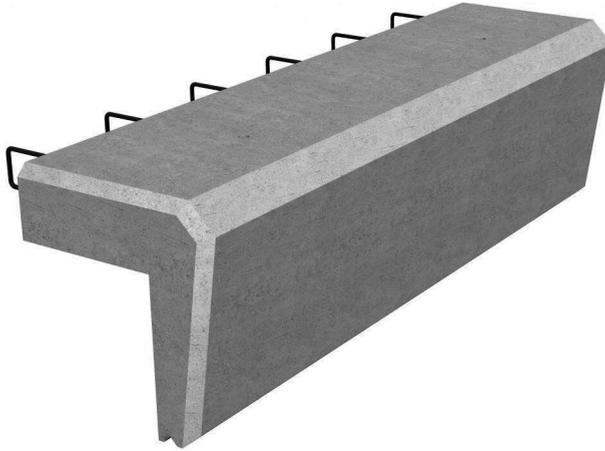
- Tablero de vigas nervadas: es un tablero constituido por vigas prefabricadas (pretensadas o postensadas) que actúan como una viga metálica. Sobre ellas reposa una losa de concreto de aproximadamente 25 cm.

**Figura 101. Tablero con vigas nervadas**

Fuente: elaboración propia

## ***Imposta***

Son los elementos de concreto que rematan generalmente el tablero del puente por los costados y estos, a su vez, están rematadas por los pasadores. Es un elemento estético que le brinda carácter y definición al puente.

**Figura 102. Imposta**

Fuente: elaboración propia

## Tipos de puente

Un puente se puede clasificar de múltiples maneras, entre ellas están:

- Por su material: madera, concreto, metal, mampostería y mixtos.
- Por la posición del tablero: superior o inferior.
- Por su variabilidad de altura: fijos o móviles.
- Por su estructura: isostáticos o hiperestáticos.
- Por su forma: arco, pórtico, vigas, celosías, ménsulas, colgantes y atirantados.

## Procedimientos de construcción

### ***Puentes con losa de concreto maciza o aligerada:***

Son un tipo de puente de tablero superior donde los apoyos se encuentran debajo de este, de tal forma que, primero, se construyen los cimientos y apoyos y, posteriormente, se realiza la construcción del tablero. Estos pueden ser de sección constante o variable y pueden alcanzar longitudes de hasta 20 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se realiza la cimentación de los estribos y los pilares intermedios mediante zapatas o pilotes.
2. Instalación de armaduras, encofrado y vaciado del concreto de los estribos y pilares.

3. Colocación de cimbras para la ejecución del proceso de vaciado del tablero.
4. Aligeramientos o elementos de pretensado si se utilizan e instalación de armadura para la losa de comprensión.
5. Vaciado continuo del concreto en el tablero del puente.
6. Si el tablero es pretensado, se tensa la agrupación de cables de acero denominados cordones desde los estribos.
7. Ejecución de impostas, pavimento, señalizaciones e iluminación.

### ***Puentes con tablero de vigas prefabricadas***

Son un tipo de puente de tablero superior. Para construirlos, se procede primero con la construcción de cimentaciones y apoyos para posteriormente construir el tablero. Son puentes isostáticos y alcanzan una longitud máxima de 45 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se realizan los procedimientos 1 y 2 del puente con losa de concreto.
2. Se instalan los dinteles para el apoyo del tablero; pueden ser prefabricados o no.
3. Se instalan las vigas prefabricadas mediante la ayuda de grúas móviles.
4. Se instalan las prelosas colaborantes que facilitan el vaciado de concreto en el tablero.
5. Se instala la armadura del tablero.
6. Vaciado continuo del concreto en el tablero del puente.
7. Ejecución de impostas, pavimento, señalizaciones e iluminación.

### ***Puentes en cajón insitu***

Son puentes de tablero superior y son generalmente hiperestáticos. El tamaño de su cajón es variable y se vuelve más robusto a medida que el tablero se acerca a los apoyos. Pueden ser pretensados y logran tener una longitud máxima de hasta 200 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se repiten los pasos 1 a 3 para los puentes de losa de concreto.
2. Se realiza la instalación de cimbras.
3. Se instala la armadura y el acero de pretensado.
4. Se realiza el vaciado del concreto.
5. Se realizan los tesados del acero

6. Se instalan las prelosas prefabricadas para facilitar la instalación de la losa superior y realizar el aligeramiento.
7. Se instalan las armaduras restantes y se instalan los drenajes.
8. Se realiza el vaciado del concreto del tablero superior.
9. Se realiza el tesado final.
10. Ejecución de impostas, pavimento, señalizaciones e iluminación.

### ***Puentes de cajón mixto***

Este tipo de puentes puede ser de tablero superior si se apoya sobre pilares de concreto; sin embargo, si es parte de un puente atirantado, sería de tablero inferior. Son hiperestáticos, de canto fijo o variable. Pueden alcanzar longitudes de hasta 200 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se repiten los pasos 1 a 3 para los puentes de losa de concreto.
2. Se trasladan los cajones metálicos mediante grúa de apoyo, los cuales pueden ser prefabricados o armados en el sitio.
3. Se conectan los diferentes cajones por medio de tornillos o soldaduras.
4. Se instala una chapa colaborante sobre los cajones con el fin de facilitar la instalación de la losa.
5. Se instala la armadura y los drenajes.
6. Se realiza el vaciado del concreto.
7. Se ejecutan las impostas, pavimento, señalizaciones e iluminación.

Cuando el puente es atirantado, se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se realizan las cimentaciones, generalmente por medio de pilotes utilizando tablestacas con el fin de poder excavar en material saturado.
2. Se realiza la ejecución de los pilonos, pueden ser verticales o inclinados, así como pueden ser metálicos o de concreto. Cuando son metálicos, se utilizan tableros mixtos y se instalan mediante cables; cuando son en concreto, se utilizan encofrados auto trepantes con una grúa torre de apoyo.
3. Se instalan los tendones siguiendo las especificaciones técnicas del tesado.
4. Se realiza la última conexión de los cajones, generalmente es *in situ*.
5. Se hace el tesado final.
6. Se instala el pavimento, las impostas y las señalizaciones, etc.
7. Se realizan pruebas de carga.

### ***Puentes en cajón con dovelas prefabricadas***

Son un tipo de puente hiperestático y pretensado que alcanza longitudes de hasta 200 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se realiza la cimentación generalmente por medio de pilotes.
2. Se ejecutan los pilares del puente que, debido a su esbeltez, suelen ser huecas y se realizan por medio de encofrados trepantes.
3. Se instalan las dovelas prefabricadas sobre las pilas.
4. Se instalan de manera consecutiva en ambas direcciones del pilar para compensar los momentos. Para esto se utilizan auto cimbras apoyadas en los pilares o grúas torres, etc.
5. Se realiza *in situ* la última dovela, la dovela de cierre.
6. Se realiza el tesado final.
7. Se instala el pavimento, las impostas y las señalizaciones, etc.
8. Se realizan pruebas de carga.

### ***Puentes en cajón con voladizos sucesivos in situ***

Este tipo de puentes pueden alcanzar longitudes de hasta 400 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se realiza la cimentación mediante pilotes.
2. Se realiza la ejecución de los pilares del puente, generalmente huecos y mediante la utilización de encofrados auto trepantes o deslizantes según el acabado que se desee conseguir.
3. Se realiza la ejecución de la dovela central sobre las pilas. Esta dovela mantiene un canto mayor a las demás debido a la transmisión de los esfuerzos.
4. Se realiza la ejecución de las dovelas de manera consecutiva por ambos extremos del pilar, mediante un encofrado que se sostiene de la parte ya construida. Para puentes tipo arco, se necesitan utilizar mecanismo de soporte estructural adicionales.
5. Si el puente es pretensado, se realiza el tesado.
6. Se instala el pavimento, las impostas, y las señalizaciones, etc.
7. Se realizan pruebas de carga.



## REFERENCIAS

- Aretio, L. G. (2019). Necesidad de una educación digital en un mundo digital. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(2), 9–22. <https://doi.org/10.5944/ried.22.2.23911>
- Barleta, E., Pérez, G., y Sánchez, R. (2020). *La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0* [boletín fal]. Repositorio Digital. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (cepal). <https://bit.ly/2XLp31N>
- Cáceres Rubio, J. R., Rojas Suárez, J. P., y Cárdenas-Gutiérrez, J. (2019). *Análisis estructural. i Guía académica*. Ecoe Ediciones.
- Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol). (2020). *Estrategia bim Colombia proyecta para 2026 que la totalidad de los proyectos de construcción públicos incorpore BIM*. <https://bit.ly/3Aueuy7>
- Campo Yague, J. (2017). *Maquinaria de construcción* (2da ed.). Garceta Grupo Editorial.
- Cardenas-Gutierrez, J. A., Medrano Lindarte, C. T., y Molina-Salazar, L. (2021). *Las TIC y su importancia en el desarrollo de presupuestos en la industria de la construcción*. Ecoe Ediciones.
- Cárdenas-Gutiérrez, J., Molina-Salazar, L., y Medrano Lindarte, C. T. (2020). *Costos y presupuestos en la industria de la construcción*. Ecoe Ediciones.
- Chudley, R., y Greeno, R. (2013). *Manual de construcción de edificios* (3ra ed.). Gustavo Gili.

- Domingo Pinillos, J. C. (2015). *Manual de obras civiles urbanas*. Editorial Juan Carlos Domingo Pinillos.
- Fernández Ortega, L. (2010). *Manuel práctico de la construcción. Etapas constructivas*. Ediciones Nobuko
- Ferri Cortés, J. (2010). *Principios de construcción*. Editorial Club Universitario.
- Ferri Cortés, J. (2011). *Fundamentos de construcción*. Editorial Club Universitario.
- Gonzales, L. C. (2018). *Programación y control de la producción en las obras*. Bellisco.
- Jurado Cabañes, C. (2016). *Puentes (vol. 2): evolución, tipología, cálculo, construcción*. Autor-Editor.
- Larrauri Gil, M., Pérez Acebo, H., Rojí Chandro, E., y Cuadrado Rojo, J. (2018). *Procedimientos de construcción*. Universidad del País Vasco.
- Martin Rodríguez, P. A., y Fernández Estébanez, V. (2015). *Proyectos singulares de movimiento de tierras*. Bellisco.
- Mattos, A., y Valderrama, F. (2014). *Métodos de planificación y control de obras*. Editorial Reverte.
- Melo Pabón, C. A., Vega Peñaranda, K. L., y Cárdenas-Gutiérrez, J. (2020). *Implementación de la metodología de las 5s en proyectos de construcción*. Ecoe Ediciones.
- Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC). (2018). *Plan TIC 2018-2022. El futuro digital es de todos* (pp. 1–105). <https://bit.ly/3krTeDH>
- Romero, C. Y., y Vaquiro, E. M. (2016). *Manual de construcción para vivienda de interés social con sistemas industrializados tipo manoportable y túnel*. <https://bit.ly/3AnsYQp>



Este libro fue compuesto en caracteres Minion  
a 11 puntos, impreso sobre papel Bond de 75  
gramos y encuadernado con el método hot melt,  
en agosto del 2021, en Bogotá, Colombia.

# FUNDAMENTOS BÁSICOS

## PARA LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Este trabajo abarca los fundamentos necesarios para comprender de manera sustancial los procesos constructivos generales que se realizan en las obras de ingeniería civil, teniendo en cuenta las recomendaciones sobre los tipos de maquinaria, los casos de uso donde se debe explotar cada tipología, así como las características principales de todo tipo de proyecto de construcción.

Esta obra se compone, en un inicio, por cada uno de los aspectos básicos de una construcción, igualmente, se exponen temáticas de alta importancia para ingenieros civiles y profesionales de la industria de la construcción como movimientos de tierra, sistemas de contención de terrenos, canteras de áridos, medios de elevación, construcción de puentes, entre otros.

Dirigido principalmente a estudiantes de ingeniería civil, tecnología de obras civiles y otras carreras universitarias relacionadas con la industria de la construcción, así mismo, sirve como material complementario para profesionales de dicha industria y docentes universitarios que deseen apalancar sus métodos de enseñanza por medio de este libro.

## Incluye

- ▶ Explicación detallada de cada uno de los elementos encontrados, permitiendo una fácil comprensión de los temas para cualquier tipo de público.
- ▶ Material visual de calidad que complementa las definiciones o conceptos.
- ▶ Información sobre la industria de la construcción explicada de manera simple y práctica.

### Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez

Ingeniero Civil, Especialista en Alta Gerencia, Magister en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos y estudiante de Doctorado en Proyectos en la UNINI. Director del Programa Académico de Ingeniería Civil de la UFPS y jefe del Departamento de Construcciones Civiles, Vías, Transporte, Hidráulica y Fluidos. Actualmente es docente de tiempo completo de la UFPS, director del grupo de investigación GITOC e investigador categorizado por Colciencias.

### Nelson Emilio García Torres

Director de la oficina de Relaciones Interinstitucionales e Internacionales y Jefe de Planeación de la UFPS. Profesional en Finanzas y Comercio Exterior, U. Sergio Arboleda. Especialista en Economía ub, España. Magister en Comercio y Finanzas Internacionales de la UB, España. MBA UVM, Chile. Docente de tiempo completo e investigador asociado (Minciencias) de la Facultad de Ciencias Empresariales. Hace parte del Grupo de Investigación para el Desarrollo Socioeconómico (GIDSE) y del grupo GILOCNI - UFPS, Categoría B.

### David Leonardo Molina Salazar

Ingeniero Civil con proyecto de grado Laureado y Mención de Honor UFPS; ERASMUS de la UJA, España; Ganador del 2º Puesto del Premio Sika 2020; investigador del grupo GITOC, y estudiante de la Maestría en Educación Matemática.



e-ISBN 978-958-503-174-6