

# Encargado de obra civil

# **Movimiento de tierras y firmes**

Javier Baños López

Marc Boixader Rivas



1ª edición: marzo 2009

© Javier Baños López  
© Marc Boixader Rivas  
© Fundación Laboral de la Construcción  
© Tornapunta Ediciones, S.L.U.  
ESPAÑA

Av. Alberto Alcocer, 46 B Pª 7  
28016 Madrid  
Tél.: 91 398 45 00 Fax: 91 398 45 03  
[www.fundacionlaboral.org](http://www.fundacionlaboral.org)

ISBN: 978-84-92686-02-5  
Depósito Legal: LU 68-2009

## ÍNDICE

	Introducción	5
	Objetivos generales del curso	7
<b>UD1</b>	Introducción	9
<b>UD2</b>	El terreno	25
<b>UD3</b>	La maquinaria	39
<b>UD4</b>	Movimientos de tierra	91
<b>UD5</b>	Entibaciones	113
<b>UD6</b>	Introducción a los firmes	127
<b>UD7</b>	Los firmes	143
<b>UD8</b>	Mezclas bituminosas y pavimentos de hormigón	159
<b>UD9</b>	Conservación de los firmes	177
<b>UD10</b>	Explosivos	189
	Índice de figuras	203





### INTRODUCCIÓN

Con el presente Manual se pretende describir las fases de obra correspondientes a los movimientos de tierra, a los firmes y a los trabajos con explosivos. Concretamente, cada Unidad trata los siguientes temas:

En la Unidad Didáctica 1 se establecen unos puntos de partida importantes y que son fundamentales previamente al inicio de una obra de movimiento de tierras; entre ellos, valorar y comparar las ventajas que ofrecen los procedimientos mecánicos frente a los métodos manuales.

En la Unidad Didáctica 2 se intenta dar la importancia que se le exige a conocer con el mayor grado de exactitud posible el terreno donde se va a realizar la obra, así como los métodos y estudios que hay que realizar para obtener datos importantes que permitirán, sobre todo, trabajar con la mayor seguridad posible.

En la Unidad Didáctica 3 se dan a conocer las diferentes tipologías de maquinaria y las herramientas de trabajo, así como los procedimientos de trabajo y los factores que influyen en el rendimiento.

En la Unidad Didáctica 4 se describen las diferentes variedades de movimientos de tierras en función del tipo de trabajo que se va a realizar, incluida la formación de terraplenes y su compactación. A raíz de estos conceptos, se introduce el fenómeno del "esponjamiento".

En la Unidad Didáctica 5 se tratan los movimientos de tierras desde el punto de vista de la seguridad, por lo que se analizan los factores de riesgo y los sistemas de entibación para prevenirlos.

## **Encargado de obra civil.**

### **Movimiento de tierras y firmes**

En la Unidad Didáctica 6 se realiza una introducción a los firmes para conocer su composición, desde la explanada hasta la capa de rodadura, así como su funcionalidad, sus características y su composición.

En la Unidad Didáctica 7 se dan a conocer los diferentes tipos de firmes y sus nomenclaturas. Se analizan la configuración del paquete de firmes y las características funcionales que ha de cumplir. Además, se explican los procesos de fabricación de las mezclas bituminosas.

En la Unidad Didáctica 8 se entra en el dimensionamiento de firmes según la Instrucciones 6.1 y 2-IC, así como en los procedimientos de puesta en la obra de las mezclas bituminosas.

En la Unidad Didáctica 9 se tratan los firmes desde el punto de vista de su mantenimiento y conservación. Se plantean las patologías que surgen a raíz del deterioro progresivo del paquete, así como las estrategias de mantenimiento que se llevan a cabo.

En la Unidad Didáctica 10 se explican los requisitos legales para realizar una voladura, así como las principales características de los explosivos comerciales y accesorios, que serán determinantes para una correcta ejecución de los trabajos.



### **OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO**

*Al finalizar el curso el alumno será capaz de:*

- Tener una perspectiva previa al inicio de la obra, identificando las necesidades requeridas y óptimas para ejecutar los trabajos.
- Tener unas nociones básicas de los tipos de terreno que podemos encontrarnos, así como de su comportamiento y de las posibles influencias durante la ejecución de los trabajos.
- Conocer la maquinaria actual que existe en el mercado para realizar cualquier movimiento de tierras.
- Tener criterios suficientes para seleccionar la maquinaria adecuada para cada tipo de trabajo.
- Conocer las diferentes formas en las que se puede realizar un movimiento de tierras.
- Saber optimizar los equipos y los procesos de trabajo para obtener buenos rendimientos.
- Saber qué es el paquete de firmes y cuáles son las características principales que deben cumplir, así como los materiales básicos para fabricarlos.





## **Encargado de obra civil. Movimiento de tierras y firmes**

- Conocer los diferentes tipos de firmes y su proceso de fabricación.
- Conocer el sistema de funcionamiento de una planta de fabricación de mezclas bituminosas.
- Conocer los tipos de mezclas bituminosas que existen en el mercado y sus características principales.
- Conocer el procedimiento de puesta en la obra de las mezclas bituminosas.
- Valorar la importancia de la conservación y el mantenimiento de los firmes, así como reconocer los factores que producen su deterioro.
- Conocer los requisitos legales que deben cumplirse para poder realizar una voladura.



# UD1

## ÍNDICE

		Objetivos	10
		Mapa conceptual	11
1.1		Introducción	12
1.2		Mecanización de los movimientos de tierras	14
1.3		Factores que se han de considerar antes de iniciar los movimientos de tierras	18
		Resumen	21
		Terminología	23

**OBJETIVOS**

*Al finalizar esta Unidad Didáctica, el alumno será capaz de:*

- Saber qué es un movimiento de tierras y conocer los procedimientos que se pueden emplear para realizarlo.
- Valorar la importancia y conocer las ventajas de la mecanización en un movimiento de tierras frente a los procedimientos tradicionales de excavación manual.
- Disponer de unos puntos de partida fundamentales que deben considerarse antes de iniciar una obra de movimiento de tierras y que condicionan la elección de la maquinaria.

## MAPA CONCEPTUAL

### **Ventajas de la mecanización de los movimientos de tierras**

- Reducción de costes
- Disminución de los plazos de ejecución
- Dignificación del trabajo humano
- Mejora de la calidad
- Reducción de riesgos y accidentes

### **Factores previos al inicio de los movimientos de tierras**

- Elección de la maquinaria apropiada
- Factores climatológicos



## 1.1 INTRODUCCIÓN

Se entiende por "movimiento de tierras" el conjunto de acciones que es necesario realizar sobre el terreno para la ejecución de la obra.

### Recuerda



Por definición, el movimiento de tierras es el conjunto de operaciones que se efectúan de forma manual o mecánica sobre el terreno para ejecutar la obra. Por tanto, el movimiento de tierras depende fundamentalmente de la topografía del terreno donde vamos a construir.

El movimiento de tierras en la ejecución de una obra depende directamente de la topografía que presente el terreno donde se va a construir, por lo que podemos concluir que las dos actividades que comprende básicamente un movimiento de tierras son:

- La **excavación**: se trata de realizar un esfuerzo de disgregación de un **material consolidado** quitando parte de su volumen para generar una zanja, una trinchera, un pozo o un desmonte.
- El **terraplenado**: consiste en realizar una aportación de material para rellenar un hueco o desnivel.

### Recuerda



Las dos actividades básicas que comprende el movimiento de tierras son la excavación y el terraplenado.



El Real decreto 1627/1997, en el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, relaciona el "movimiento de tierras" como uno de los trabajos de construcción o ingeniería civil que constituyen una obra de construcción u obra.

Esta denominación puede englobar al concepto "excavación" (vaciados de tierras, pozos, zanjas, galerías, túneles, etc.).

Ejemplos de movimiento de tierras son: la explanación, el desmonte, el terraplenado, etc.

Además, en la relación no exhaustiva del anexo II de dicho real decreto se identifican los trabajos de excavaciones de túneles y otros trabajos que supongan movimientos de tierra subterráneos como "**trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores**". Esto supone, como se verá más adelante, que se deben diseñar, implantar y vigilar unas medidas preventivas específicas frente a tales riesgos.

Dependiendo de las actuaciones que haya que realizar, así como de la topografía del terreno, el movimiento de tierras se puede producir de dos formas:

- De *forma manual* cuando interviene directamente la mano del hombre.
- De *forma mecánica* cuando existe una mecanización de los trabajos.

Hoy en día el empleo de procedimientos manuales se puede acotar, básicamente, en obras de pequeño volumen y/o situadas en la vía pública, donde el empleo de maquinaria podría deteriorar la compleja red de servicios u obstaculizar a peatones y otros vehículos.

Los movimientos de tierras se pueden realizar mediante procedimientos manuales o mecánicos.

Recuerda



## 1.2 MECANIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE TIERRAS

En la actualidad la progresiva retirada de la mano de obra de los trabajos más penosos viene impuesta, en la mayor parte de los casos, por la posibilidad de sustituir en dichos trabajos al hombre por las máquinas. La introducción de nuevos sistemas de **mecanización** de todas las tareas constructivas se va imponiendo de forma gradual y progresiva.

### Recuerda



Podemos afirmar con rotundidad que una excavación es más barata si se realiza con medios mecánicos y con la mínima e imprescindible aportación de la mano de obra del hombre.

Además, esto supone una reducción de los riesgos laborales en la obra.

Las ventajas de mecanizar una excavación se resumen en:

#### 1. Reducción de costes

La maquinaria produce a un precio inferior. Normalmente la producción de 1 hora de máquina es varias decenas de veces superior a la de un hombre, por lo que la relación precio/producto obtenido es baja.

#### 2. Disminución de los plazos de ejecución

Planificar correctamente un movimiento de tierras, seleccionar la maquinaria más apropiada y optimizarla evitando paralizaciones injustificadas son reglas imprescindibles para obtener unos buenos rendimientos y acortar los **plazos de ejecución**.

#### 3. Dignificación del trabajo humano

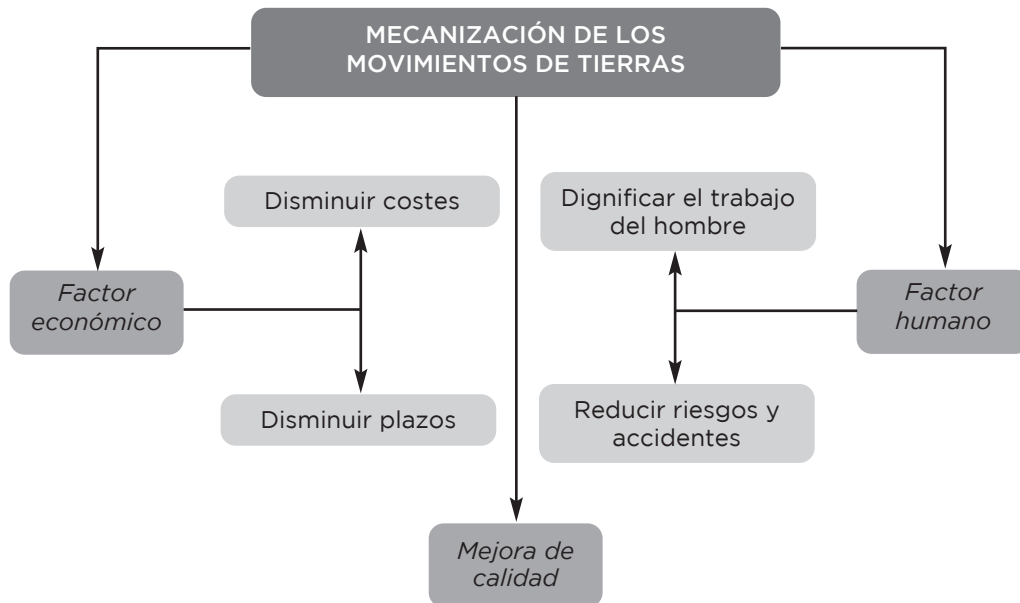
La dignidad de la persona humana aumenta cuando con su trabajo somete más rápidamente y con menos esfuerzo propio a la naturaleza.

#### 4. Mejora de la calidad

Existen trabajos que, ejecutados a mano, no pueden tener la buena calidad que tienen hechos con el uso de maquinaria; por ejemplo, la compactación de grandes volúmenes de tierras. La precisión de medida de algunas máquinas es superior a la humana.

#### 5. Reducción de riesgos laborales y, por lo tanto, de accidentes

En trabajos donde el factor humano interviene de forma principal, el riesgo de producirse un accidente con consecuencias para las personas que lo realizan tiene una probabilidad elevada.



**Figura 1.** Factores de mecanización

La mecanización en las obras permite aumentar la **productividad**, reducir los plazos de ejecución y disminuir los costes de mano de obra. Además, disminuye el riesgo de daños para las personas, al verse menos personal implicado en la ejecución de dichos trabajos.

Recuerda ●

La mecanización en las obras hace que con muy poco personal se consigan altos rendimientos.

Recuerda ●

A modo de ejemplo, hoy en día el tiempo necesario para construir 1 km de carretera es menor que el necesario hace 50 años para construir 1 km de mala carretera. Esto conduce a construir más, más variado, en menos tiempo y, por tanto, con menos costes.

Ejemplo ←

De cualquier forma, en la realidad de las obras se trata de aplicar estos conceptos en su justa medida. Existen algunos trabajos que se han de realizar con el empleo de la mano de obra del hombre, dado que con el uso de maquinaria todos los beneficios que hemos enumerado anteriormente podrían revertirse y ocasionar graves perjuicios, riesgos de accidentes y mayores costes.

Vamos a enumerar algunos ejemplos de trabajos de excavación donde se ha de emplear la mano de obra del hombre:

1. Donde no sea posible la utilización de pequeña maquinaria

Aunque en la actualidad existen gran versatilidad y variedad en el mercado de venta y alquiler de maquinaria, algunas veces debemos realizar trabajos en interior de pozos confinados o pequeñas galerías donde no es viable introducir pequeña maquinaria.



El **ESPACIO CONFINADO** es cualquier área con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables o tener una atmósfera deficiente en oxígeno y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador.

Los accidentes en estos espacios, en su mayoría son mortales (por falta de oxígeno). La causa principal de los mismos es el desconocimiento de los riesgos presentes y, más concretamente, durante el auxilio inmediato a las primeras víctimas.

Debido a las graves consecuencias de un suceso en dichos espacios, se deben planificar, aplicar y vigilar medidas preventivas específicas tendentes a evitar este tipo de sucesos.

## 2. En presencia de servicios (agua, gas, teléfono, electricidad, etc.)

Para la detección de servicios de las diferentes compañías suministradoras es preciso realizar catas de forma manual. La ejecución de una cata tiene como objetivo saber por dónde discurre un determinado servicio, por lo que se trata de realizar una excavación con medios manuales, de forma cuidadosa y lenta, hasta descubrir la situación tanto en planta como en alzado del servicio.



Pueden existir diferentes redes de servicios públicos:

- Eléctrico.
- Gas de uso doméstico.
- Telefonía y transmisión de datos.
- Agua potable.
- Saneamiento.

De manera previa se debe buscar información relativa a la existencia y ubicación de dichos servicios. Para ello, es necesario ponerse en contacto con los suministradores de los servicios mencionados.

De cualquier modo, los trabajos se deben desarrollar con la máxima precaución, ya que la información obrante puede estar obsoleta o ser errónea.



### 3. En desbroces y refinado de zanjas y taludes

Son trabajos en los que, ejecutados de forma manual, se obtiene un mejor resultado que realizados de forma mecánica.

Disponer de un exceso de maquinaria y/o utilizarla en trabajos que *a priori* ha de realizar el hombre ocasiona perjuicios y situaciones de riesgo.

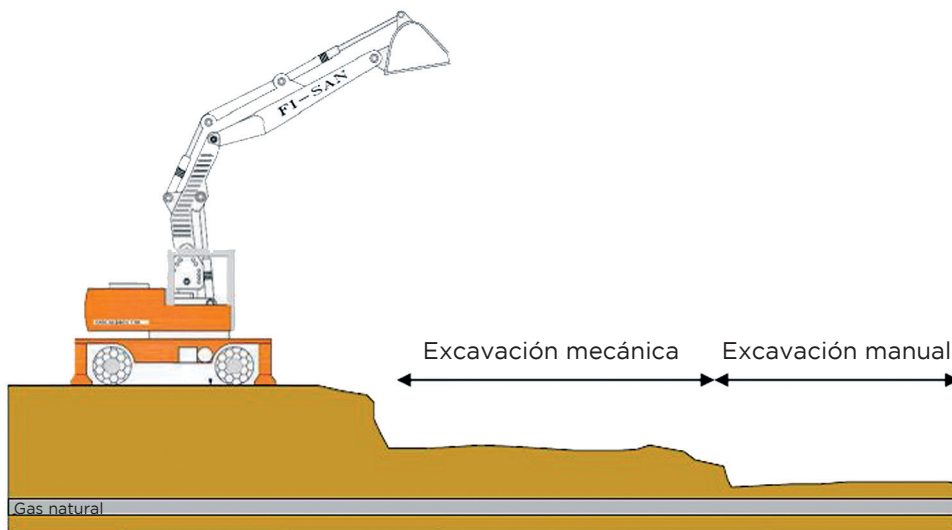
Recuerda



El empleo combinado tanto de procedimientos manuales como mecánicos también se suele dar en algunos tipos de trabajos.

En el momento en el que estamos realizando una excavación con presencia de servicios a distinto nivel es necesario realizar una preexcavación de forma mecánica y, posteriormente, para evitar riegos de rotura de la canalización, emplear la mano del hombre, que en este caso sí que puede actuar con mayor precisión.

Ejemplo



**Figura 2.** Excavación mecánica y excavación manual

### 1.3 FACTORES QUE SE HAN DE CONSIDERAR ANTES DE INICIAR LOS MOVIMIENTOS DE TIERRAS

Según hemos comentado con anterioridad, la planificación de un movimiento de tierras es de vital importancia para obtener unos buenos rendimientos que aseguren, por un lado, cumplir los plazos para evitar demoras no deseadas en las obras y, por otro, reducir los costes para evitar desviaciones económicas en estas unidades de obra.

#### Recuerda



Existen una serie de factores que son conocidos previamente al inicio del movimiento de tierras y que deben ser valorados a la hora de dimensionar los medios para optimizar la productividad de los equipos de excavación.

Como norma general, la maquinaria que se ha de utilizar en una excavación ha de ser la apropiada en función de los siguientes aspectos:

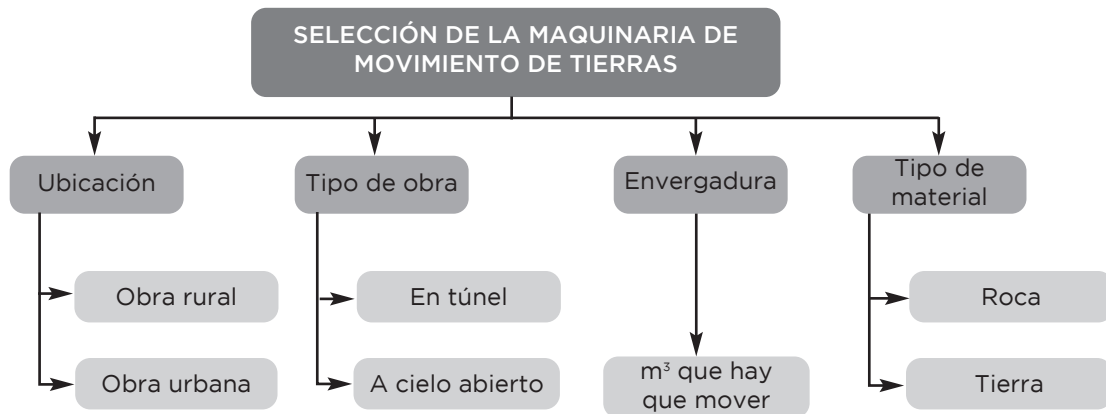
1. Ubicación de la obra: no es lo mismo trabajar en zonas urbanas que rurales ni en zonas montañosas que en lugares llanos.
2. Topología de la obra: las excavaciones pueden ser a cielo abierto o en túneles, galerías o pozos.
3. Envergadura de la obra: la maquinaria se ha de dimensionar en función del volumen de tierra que se tenga que mover en la obra. No es lo mismo mover 1.000 m<sup>3</sup> que 1.000.000 m<sup>3</sup>.
4. Material que se ha de excavar: parece bastante evidente que no se utilizará la misma tipología de maquinaria cuando se tenga que excavar roca que cuando se trate de tierras más sueltas.
5. Condicionantes adicionales que se deben tener en cuenta y obligan a utilizar un tipo de maquinaria muy concreta, como cuando se realiza una excavación con presencia de servicios.

Por otra parte, existen factores climatológicos que influyen de forma muy negativa en los movimientos de tierras y que también se han de tener en cuenta; hay que prever su repercusión en los plazos de ejecución, ya que hacen perder numerosas jornadas de trabajo en función de la zona climática donde se ubique la obra.

#### Recuerda



Los factores climatológicos influyen de forma negativa en los movimientos de tierras, por lo que en zonas climáticas donde las condiciones no son favorables se debe considerar que se perderá un buen número de jornadas de trabajo.



**Figura 3.** Factores que se han de tener en cuenta en la selección de la maquinaria



En grandes movimientos de tierra un riesgo difícil de prever es el relacionado con la existencia de municiones sin detonar.

Se deben planificar las actuaciones a seguir en caso de tal descubrimiento.

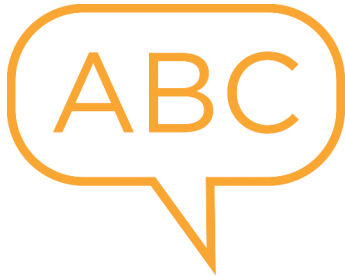




## RESUMEN

- Por definición, el movimiento de tierras es el conjunto de operaciones que se efectúan de forma manual o mecánica sobre el terreno para ejecutar la obra. Por tanto, el movimiento de tierras depende fundamentalmente de la topografía del terreno donde se va a construir.
- Las dos actividades básicas que comprende el movimiento de tierras son la excavación y el terraplenado.
- Los movimientos de tierras se pueden realizar mediante procedimientos manuales o mecánicos.
- Podemos afirmar con rotundidad que una excavación es más barata si se realiza con medios mecánicos y con la mínima e imprescindible aportación de la mano de obra del hombre. De esa manera, además, se disminuye la probabilidad de daño a personas a estar menos personal involucrado en la ejecución de los trabajos.
- La mecanización en las obras permite aumentar la productividad, reducir los plazos de ejecución y disminuir los costes de mano de obra.
- La mecanización en las obras hace que con muy poco personal se consigan altos rendimientos.

- Disponer de un exceso de maquinaria y/o utilizarla en trabajos que a priori ha de realizar el hombre ocasiona perjuicios y situaciones de riesgo.
- Existen unos factores que son conocidos previamente al inicio del movimiento de tierras y que deben ser valorados a la hora de dimensionar los medios para optimizar la productividad de los equipos de excavación.
- Los factores climatológicos influyen de forma negativa en los movimientos de tierras, por lo que en zonas climáticas donde las condiciones no son favorables se debe considerar que se perderá un buen número de jornadas de trabajo.



## TERMINOLOGÍA

### Movimiento de tierras:

Conjunto de trabajos que se realizan en el terreno para modificar adecuadamente su superficie, prepararlo para la construcción y adaptarlo a su forma definitiva. Comprende tanto la extracción como el aporte de tierras.

### Excavación:

Extracción de tierras realizada en zonas localizadas del terreno. Esfuerzo de disgregación de un material consolidado quitando parte de su volumen para generar una zanja, una trinchera, un pozo o un desmonte. Se puede realizar de forma manual o mecánica.

### Pozos:

Excavación vertical o inclinada en la que predomina la dimensión de profundidad sobre las otras dos.

### Trabajos subterráneos:

Aquellos ejecutados en lugares o espacios que están por debajo de la cota del terreno y que tienen como techo el propio terreno.

### Túnel:

Paso subterráneo realizado para establecer una comunicación entre dos puntos.

**Material consolidado:**

Material que se encuentra en un estado firme y sólido.

**Mecanización:**

Implantación del uso de la maquinaria en una determinada actividad.

**Plazo de ejecución:**

Tiempo del que se dispone para realizar una obra, una actividad determinada o una unidad de obra. No cumplir los plazos puede tener consecuencias económicas negativas.

**Productividad:**

Capacidad de producción de la maquinaria, por lo que está directamente relacionada con el mayor o menor rendimiento final en función de los factores productivos asociados.

**Terraplenado:**

Acción mediante la cual se realiza una aportación de tierras para rellenar un hueco o desnivel. Se puede hacer de forma manual o mecánica.