

1. MAQUINARIA DE OBRA CIVIL

1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras públicas, minería o industria. Las operaciones del movimiento de tierras en el caso más general son:

- Excavación
- Carga
- Acarreo
- Descarga
- Extendido
- Humectación o desecación
- Compactación
- Servicios auxiliares (refinos, saneos, etc.)

La excavación puede ser:

Desmante: el desmante es el movimiento de todas las tierras que se encuentran por encima de la rasante del plano de arranque de la construcción.

Relleno: se realiza cuando el terreno se encuentra por debajo del plano de arranque de la construcción.

Los materiales se encuentran en la naturaleza en formaciones de muy diverso tipo, que se denominan **bancos, en perfil** cuando están en la traza de una carretera, y en **préstamos** fuera de ella. Los terrenos ya sean suelos o rocas más o menos fragmentadas, están constituidos por la agregación de partículas de tamaños muy variados. Entre estas partículas quedan huecos, ocupados por aire y agua. Si mediante una acción mecánica variamos la ordenación de esas partículas, modificaremos así mismo el volumen de huecos.

Es decir, el volumen de una porción de material no es fijo, sino que depende de las acciones mecánicas a que lo sometamos. El volumen que ocupa en una situación dada se llama volumen aparente. Por esta razón, se habla también de densidad aparente, como cociente entre la masa de una porción de terreno, y su volumen aparente

$$D_a = M/V_a$$

A modo orientativo los volúmenes aparentes en la excavación de tierras son:

1m³ banco=1,20-1,25 m³ cargada=1,1,-1,20 m³ vertida=0,95-1,0 m³ compactada

Al excavar el material en banco, éste resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen, éste hecho, ha de ser tenido en cuenta para calcular la producción de excavación y dimensionar los medios de transporte necesarios. En todo momento se debe saber si los volúmenes de material que se manejan corresponden al material en banco (Banco, Bank, B) o al material ya excavado (Suelto, loose, S).

Se denomina **factor de esponjamiento** (Swellfactor) a la relación de volúmenes antes y después de la excavación. El factor de esponjamiento es menor que 1.

$$F_w = V_B / V_s = D_B / D_s$$

A modo de ejemplo la tierra seca tiene un factor de esponjamiento de 0,80 y el granito fragmentado de 0,60. Los medios necesarios para realizar los movimientos de tierras varían con la naturaleza del terreno a excavar, que desde este punto de vista se puede clasificar en:

- Terrenos sueltos, flojos o duros, que pueden excavar a mano o por medios mecánicos
- Terreno de tránsito, que requiere el uso del ripper para una inicial desintegración
- Rocas blandas, duras o muy duras, que requieren el uso de explosivos

1.2 MAQUINARIA DE EXCAVACIÓN Y EMPUJE

EL TRACTOR

Los tractores son máquinas especialmente diseñadas para ejercer acciones de empuje o de tracción existen dos tipos:

1. Tractores sobre ruedas, utilizados para arrastre de traillas
2. Tractor sobre cadenas (dozer)

Las **ventajas** de los tractores de **cadenas** se pueden sintetizar en:

- Poca presión al terreno (terrenos con agua ya que tiene poca capacidad de soporte)
- Grandes esfuerzos de tracción
- En general donde la adherencia de la máquina es importante
- En espacios pequeños y difíciles por su capacidad de maniobra

En cuanto al equipo de trabajo, los tractores pueden estar provistos de hoja de empuje recta (Bulldozer) y escarificador (ripper)

1. Con hoja frontal recta (Bulldozer): Para excavaciones superficiales empujando el material excavado a distancias pequeñas, normalmente hasta 20m y como máximo hasta 100m.

Aplicaciones:

- Explanaciones en carreteras, aeropuertos
- Limpieza de monteras en canteras
- Limpieza y desbroce de terrenos (apertura de caminos en selvas, desbroce de árboles)
- Extendido de tierras, por ejemplo un terraplén.

2. Con escarificador (ripper): para fragmentar las rocas y preparar el terreno para su arranque mediante la hoja empujadora del tractor



LA MOTONIVELADORA

Máquina provista de una cuchilla larga dotada de una gran flexibilidad de movimientos que mediante mandos hidráulicos puede adoptar muy diferentes movimientos

El **equipo de trabajo** esta formado por:

- Barra de tiro: Se mueve por cilindros hidráulicos y brazos de elevación. Soporta la corona y la hoja vertedera.
- Corona: Debajo de la barra de tiro. Tiene un dentado en forma circular. Se mueve a derecha e izquierda y la hoja puede girar 360°.
- Hoja vertedera: Es el elemento primordial de trabajo, permite el movimiento de elevación y descenso respecto del suelo, giro en el plano horizontal, variación del ángulo respecto del terreno y desplazamiento lateral fuera de la máquina.
- Puede llevar además una pequeña hoja de empuje frontal y escarificador en la parte trasera

Sus **funciones principales** son:

- Extendido de materiales descargados por camiones (nivelación y refino)
- Mezcla de materiales descargados
- Estabilización de suelos in situ
- Excavación de cunetas y canales

- Nivelación de taludes
- Conservación de pistas y caminos
- Limpieza de terrenos, quitando la capa vegetal con escarificadores y hoja
- Refino de fondos de excavaciones en desmante, para su posterior compactación
- Limpieza de arcenes



1.3 MAQUINARIA DE EXCAVACIÓN Y CARGA

ALA CARGADORA

Es una máquina autopropulsada equipada con cuchara frontal y un sistema de brazos por cilindros hidráulicos, existen dos tipos de palas cargadoras sobre ruedas y cadenas

Las **funciones principales** son:

- Cargar materiales sueltos de abajo arriba
- Transportarlos a distancias mínimas
- Descargarlos sobre tolvas de poca altura o sobre medios de acarreo, camiones o dumpers



Pala cargadora

EXCAVADORA

Máquina de movimiento de tierras diseñada para excavar. Los movimientos del equipo de trabajo se realizan a través de cilindros hidráulicos. Existen dos tipos de ruedas y cadenas

El equipo de trabajo esta formado por pluma brazo y cazo. Según el trabajo que realicen existen distintas aplicaciones

-Empuje frontal: trabaja alejándose de la máquina y hacia arriba. Se utiliza para excavar bancos de altura o cargar un frente de una cantera.

-Empuje retro (retroexcavadora): trabaja acercándose a la máquina. Se aplica en excavaciones por debajo de la línea de apoyo de la máquina (cimientos, zanjas para tuberías,refino de taludes).

-Equipo bivalva: La cuchara está formada por dos mordazas que se abren y cierran girando alrededor de un eje horizontal; suspendida del brazo de la máquina, se deja caer abierta sobre el material a excavar, en el cual se hincan los dientes; al levantarse se cierran las mordazas, cogiendo dentro de ellas el producto excavado. Se emplea especialmente en las extracciones bajo el agua y en la carga de materiales apilados o sueltos y en la ejecución de pozos y pantallas.



RETROCARGADORA (=RETROPALA)

Es una máquina autopropulsada sobre ruedas con un bastidor especialmente diseñado para montar a la vez un equipo de carga frontal y otro retroexcavación trasero de forma que puedan ser utilizados alternativamente.

Se trata de una máquina muy versátil y rentable que trabaja el mayor número de horas en una obra, esto es debido a su facilidad de transporte en el modelo sobre ruedas que es el más normal, y a los equipos que lleva.

En apertura de zanja se realiza la doble función de abrir la zanja con la retro y rellenarla después con la cuchara frontal. Reemplaza el cazo de la retro por un martillo demoledor, cuando encuentra en una zanja hormigón, pavimentos asfálticos u otro material no excavable fácilmente así como en trabajos urbanos levanta firme y pavimentos.



Retroexcavadora

DRAGALINA

La dragalina es una máquina excavadora de grandes dimensiones utilizada en minería y en ingeniería civil para mover grandes cantidades de material. Es especialmente útil en lugares inundados por ejemplo para la construcción de puertos. Excava por arrastre. Por su forma de trabajar se comprende que no lo hace en condiciones favorables más que con tierras sueltas, siendo ideal para las excavaciones bajo el agua.

El equipo de trabajo de la dragalina está formado por:

- La estructura principal, en forma de caja, que tiene movimiento rotatorio. Aquí reside el motor, diésel o eléctrico, y la cabina de mando.
- El brazo móvil o mástil que soporta la pala cargadora.
- La pala cargadora que está sujeta verticalmente al brazo principal y horizontalmente a la estructura principal a través de cables y cuerdas.
- Cables, cuerdas y cadenas que permiten la maniobra del proceso de excavación.

El proceso de carga y descarga a pesar de la dimensión de la estructura es relativamente rápido. La cantidad de material que puede ser removida en cada ciclo de excavación depende del volumen de la pala que puede llegar a los 30 - 60 metros cúbicos. Ésta máquina es transportada con grandes remolques, ya que ella sola solo puede recorrer varios metros. Por tanto, el coste total se eleva por el transporte. Sale rentable solo cuando necesitamos excavar muchos metros cúbicos de tierra en grandes superficies.



Dragalina

DRAGA

Una draga es una embarcación utilizada para excavar material debajo del nivel del agua, y elevar el material extraído hasta la superficie. Estas operaciones se pueden realizar en canales navegables, en puertos, dársenas o embalses. La selección de la draga viene influenciada por el tipo de material a extraer, la cantidad, la profundidad del fondo, el acabado que se quiera conseguir y la economía. Existen dos grandes grupos, las dragas mecánicas y las dragas de succión.

Dragas Mecánicas

La draga de cuchara: está compuesta por una grúa giratoria que va montada encima de un pontón. La grúa lleva una cuchara bivalva que puede alcanzar grandes profundidades (50 metros) y extrae materiales con gran precisión en sitios reducidos. Usa un sistema de fijación de *spuds* que son unos pilares que se hincan en el fondo o con anclas. El terreno preferible es el suelo granular, suelto o algo cohesivos debido a la baja disolución que provocan, además la cuchara es intercambiable lo que facilita la extracción de otros materiales. Sus inconvenientes son una baja producción en comparación con otras dragas y la irregularidad del fondo lo que implica la necesidad de un sobredragado, es decir dragar por debajo de la cota contratada. Todo esto implica que el coste por metro cúbico excavado es más elevado.

La draga de pala de carga frontal: está constituida por un fuerte brazo que puede realizar una excavación frontal, elevar la carga, girar el brazo y depositar el material sobre gánguil. Esta draga se fija al fondo con tres *spuds*, dos en proa y uno en popa. La capacidad del cazo oscila entre 3 y 5 metros cúbicos aunque

en Estados Unidos se fabrican hasta de 20 metros cúbicos. Las ventajas es que excava muy bien rocas blandas y arcillas duras y además según excava se abriendo a sí misma un canal.

La draga retroexcavadora o *backhoe dredger*: es en esencia una draga montada sobre un pontón que se fija al fondo y una retroexcavadora encima. Excavan bien materiales duros hasta profundidades de 24 metros. Los rendimientos son menores para excavaciones de arena. Sus inconvenientes es la baja producción y el acabado irregular del fondo si el control de la obra es mala.

La draga de rosario o draga de tolva continua o de cangilones: formada por una cadena de cangilones montada sobre un robusto castillete. La escala de cangilones atraviesa el pontón y se hunde en el fondo para excavar el material. Después lo eleva y lo vuelca sobre el mismo pontón. Las ventajas de estas dragas son que dragan de forma continua, que la dilución que crean al excavar no es muy importante y que se puede controlar con precisión la profundidad a la que se excava. Sin embargo son muy costosas, ocupan demasiado sitio, ya que al posicionarse necesitan mucho espacio para extender los anclajes y no son apropiadas para el trabajo en aguas someras o cuando el espesor a trabajar es pequeño. Todo esto ha hecho que estas dragas estén cayendo en desuso.

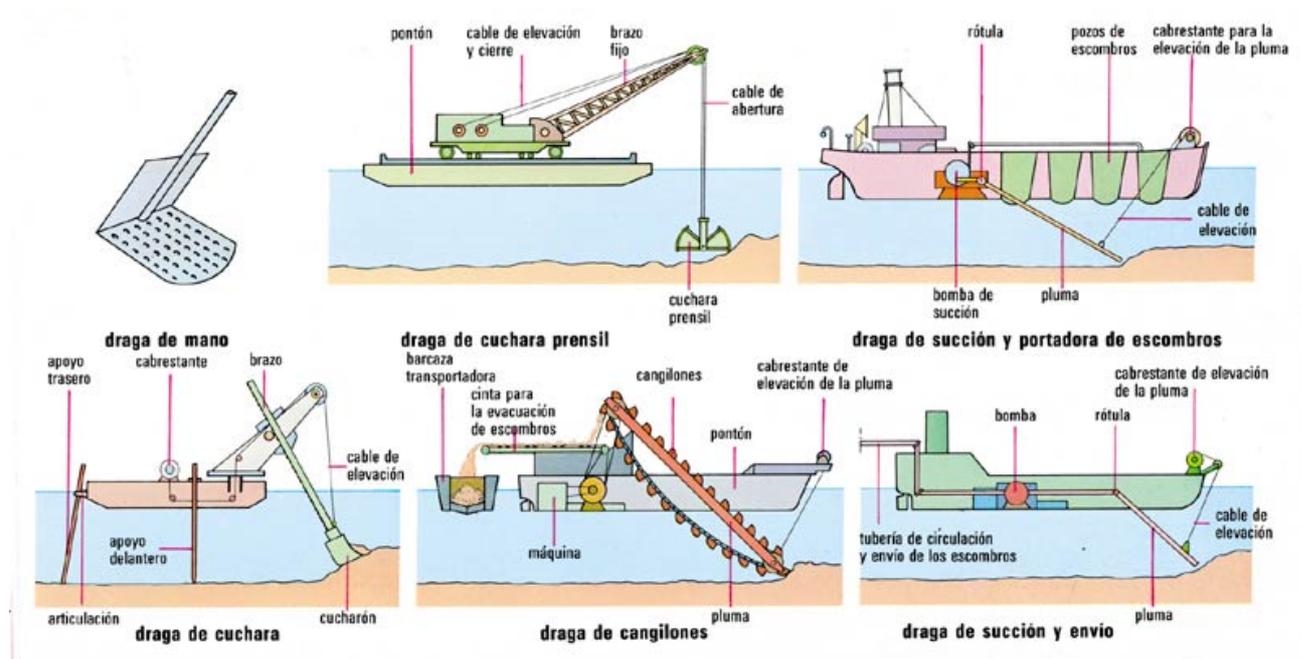
La draga de remoción consiste en una embarcación que carga una cuchilla que va alisando el fondo. Se usan cuando el dragado ha dejado un fondo irregular para nivelar.

Dragas de Succión

La draga de succión estacionaria consiste en una embarcación que porta una tubería conectada a una bomba que absorbe el material del fondo. Existen a su vez dos tipos:

De succión y envío o impulsora simple que consiste en una embarcación que carga la bomba y que lleva la tubería que puede llegar hasta otro barco de transporte de material o algún sitio de destino del material como una playa.

De succión y portadora o autoportadora contiene la bomba y transporta además el material dragado hasta el destino. Es apropiada para dragar materiales granulares y el acabado del fondo es irregular.



Tipos de Dragas

1.4 MAQUINARIA DE CARGA Y ACARREO

TRAILLAS Y MOTOTRAILLAS

Las traíllas son máquinas utilizadas para el movimiento de tierras, que realizan las siguientes funciones: arranque, carga, transporte, descarga y nivelación de suelos tales como arena, arcilla, tierra e incluso zahorras, dependiendo de los distintos modelos de máquinas.

La traíllas pueden ser de dos **tipos**:

1. Autopropulsadas son las llamadas mototraíllas. Éstas pueden tener un solo motor delantero o dos motores uno delantero y otro trasero
2. Remolcadas por tractores de cadenas, estas son las traíllas propiamente dichas

Los elementos del **equipo de trabajo** de traílla o mototraílla son:

-**Elemento tractor:** es el que mueve a la máquina y en él está situado el motor y la cabina del conductor, pueden tener uno o dos motores.

-**La caja,** abierta por su parte superior, está provista en su borde de ataque de una cuchilla recambiable dotada de movimiento ascendente y descendente. Tiene dos compuertas, una delantera, de tipo "sector" que sirve para cargarla, mantener la carga y descargarla, y otra trasera, placa de descarga "eyector" que sirve para empujar la carga al efectuar la operación de descarga.

-**La suspensión** es la unión entre caja y el elemento tractor, tiene forma de cuello de cisne. El sistema asegura conjunción y estabilidad entre ambas partes, proporcionando una gran independencia de

movimientos, que constan fundamentalmente de una caja que se puede subir o bajar, provista de una cuchilla para excavar; la caja lleva dos compuertas: una delantera, con movimiento de giro, que sirve para retener el material durante el transporte, y otra, trasera, que se utiliza para empujarlo en la descarga. Las compuertas se manejan desde el tractor hidráulica o eléctricamente.



Trailla empujada



Mototrailla

1.5 MAQUINARIA DE ACARREO

CAMION DUMPER

Se denomina camión dumper al vehículo autopropulsado sobre grandes ruedas, con caja abierta y muy resistente. Se utiliza para transporte de grandes volúmenes de acarreo de tierra o roca. Consta de tres ejes, dos traseros de tracción y uno delantero de dirección. Puede circular por pistas de obra en mal estado y por carretera. Pueden transportar una carga por carretera de aproximadamente 13 Tn siendo mayor cuando el transporte es por las pistas de obra (18-28 Tn)



Camión Dumper

SEMIRREMOLQUE BASCULANTE O BAÑERA

Consta de una cabeza tractora que tiene un punto de apoyo y una caja que puede transportar hasta 24Tn. Se utiliza para el transporte de aglomerados, arenas, gravas, asfalto, etc.



Semirremolque Basculante

DUMPER EXTRAVAL RIGIDO

Consta de una caja que tiene en el frente posterior forma de "V" para bajar el centro de gravedad y evitar el vuelco. No se le permite circular por carretera. Pueden transportar aproximadamente 75 Tn



Dumper Extraval Rígido

DUMPER EXTRAVAL ARTICULADO (LAGARTO)

Se utilizan en obras de mucha producción. Pueden llevar una carga entre 22 -36 Tn



Dumper Extravial Articulado

MOTOVOLQUETE

El autovolquete o motovolquete autopropulsado (también llamado simplemente *dumper* del inglés) es un vehículo utilizado en la construcción destinado al transporte de materiales ligeros, y consta de un volquete, tolva o caja basculante, para su descarga, bien hacia delante o lateralmente, mediante gravedad o de forma hidráulica. Además posee una tracción delantera o de doble eje, siendo las traseras direccionales. Se distingue sustancialmente del camión volcador o *dumper truck* por su configuración: el motovolquete autopropulsado generalmente tiene el contenedor de carga en la parte frontal delante del conductor, mientras que el camión volcador lo tiene en la parte trasera, detrás de la cabina del conductor. Como el puesto de conducción está ubicado detrás del volquete, sobre las ruedas traseras, se hace necesario colocar de forma adecuada la carga, para permitir la visibilidad. La capacidad de volquete oscila habitualmente de los 0,5 a 1,5 m³ (de 1 a 3 T).



Motovolquete

1.6 MAQUINARIA DE COMPACTACIÓN

Los materiales transportados hasta su lugar de empleo, deben ser extendidos y compactados. La extensión se realiza normalmente con motoniveladora en capas de reducido espesor (20 a 30 cms.), a las que se aporta agua para facilitar su compactación, la cuál se realiza por medio de los elementos apropiados.

Para la compactación, pueden emplearse:

RODILLOS LISOS

Existe un modelo que tiene un rodillo liso y neumáticos (mixto); y existe otro, tandem, que tiene dos rodillos lisos. El peso del rodillo depende del tipo de suelo a compactar. Sus pesos oscilan desde 4 a 12 toneladas.



Rodillo Mixto



Rodillo Tadem

RODILLO PATA DE CABRA (PIES TAMPING)

En la superficie del rodillo tienen una serie de pequeños troncos de pirámide que se hincan en el terreno y así compactan. No conviene que se hincen en exceso porque entonces el cilindro podría llegar a estar en contacto con el suelo, y se incrementaría notablemente la potencia necesaria para su arrastre.

Combina el efecto de masado producido por las patas, con el impacto (efecto dinámico) originado por su alta velocidad, que produce una cierta rotura del material, cuando éste está en forma de bolos. Si la humedad es excesiva, las patas al remover el terreno originan una aireación en los huecos que dejan.



Rodillo Pata de Cabra

RODILLOS DE NEUMÁTICOS (AUTOPACTOR)

Se emplean fundamentalmente para la compactación de mezclas bituminosas, pues su superficie lisa produce un batido de la capa superficial que hace subir al betún.



Rodillo de neumáticos

RODILLOS Y PLACAS VIBRANTES

Las placas vibrantes fueron la primera aplicación de la vibración para la compactación. Son muy útiles para compactar pequeñas superficies, p.e. zanjas, porque son muy manejables y llegan donde no pueden entrar rodillos pesados.

Hoy en día, todos los rodillos, tanto los lisos como los de pata de cabra, se fabrican con un dispositivo que permite poner en marcha la vibración con lo que se incrementa muy notablemente la capacidad de compactación



Placa vibrante



Rodillo Vibrante

ALBERTO VILLARINO OTERO

DISPOSITIVOS QUE ACTUAN POR PERCUSION O IMPACTO

Para apisonar zonas difíciles, p.e. pequeñas zanjas, rincones próximos a obras de fábrica, etc., donde no es posible entrar con los rodillos convencionales, se emplean los métodos de percusión: pisones automáticos o el dispositivo denominado "rana".

El pisón automático, con un peso que llega a los 100 kg., tiene en su parte superior un pequeño motor de explosión que hace que se eleve automáticamente sobre la explanación al producirse las explosiones; un hombre puede guiarlo fácilmente cuando está en el aire.

La "rana" tiene el mismo fundamento, se diferencia del pisón en que es más grande y más pesada; se llega a los 1.000 kg. y como consecuencia su rendimiento es más elevado.

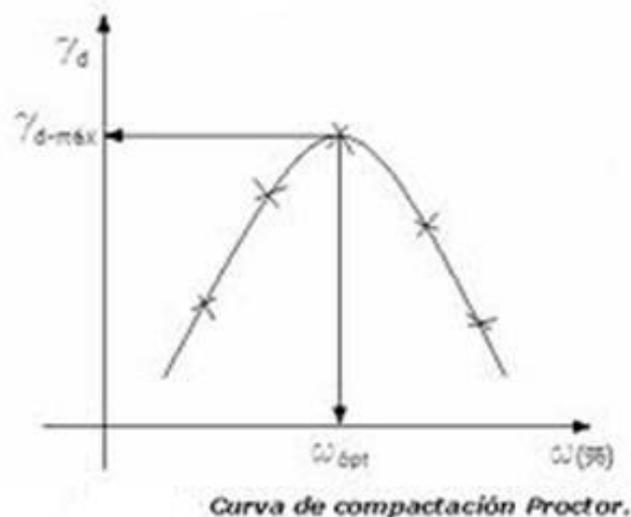


Hoy en día los rodillos se fabrican autopropulsados, habiendo quedado prácticamente en desuso los remolcados. El espesor de la capa a compactar varía según el tipo de compactador a emplear y del suelo a compactar, pero suele ser aproximadamente por término medio de 30 cms. En la compactación de un suelo juega un papel muy importante la cantidad de agua que contiene.

Si se apisona un suelo seco, para llegar a la máxima consolidación habrá que encajar las distintas partículas, venciendo sus rozamientos mutuos; necesitaremos una cierta energía de compactación; si el suelo tiene una pequeña cantidad de agua, ésta formará una película alrededor de las partículas que actuará como lubricante; el esfuerzo de compactación que precisaremos para obtener la máxima densidad seca será menor que en el caso de un suelo seco.

Si poco a poco vamos aumentando la proporción de agua para un mismo esfuerzo de compactación iremos obteniendo densidades crecientes hasta una cierta humedad, a partir de la cual la densidad seca empezará a decrecer; el agua, después de haber alcanzado el espesor máximo alrededor de las partículas irá ocupando el sitio del aire de los huecos hasta llegar a la saturación y será necesario expulsar o comprimir el agua libre que el suelo contenga, para llegar a la compactación, lo que resulta más difícil que expulsar o comprimir el aire. Existe pues una humedad óptima para obtener una compactación máxima con una determinada energía de compactación.

Fue PROCTOR, en 1933, quien descubrió la relación densidad-humedad en la compactación y sugirió el ensayo denominado "Proctor Normal", que posteriormente con el progresivo aumento de las cargas fue ajustado obteniendo el "Proctor Modificado". El grado de compactación a lograr se define en los Proyectos, mediante la indicación del porcentaje que debe alcanzar el suelo compactado referido a unos ensayos standarizados: Proctor Normal o Proctor Modificado. En obra, se comprueba el grado de compactación alcanzado mediante la medida de la densidad, que se realiza por el método de la arena o bien mediante el empleo de isótopos radioactivos.



1.7 MAQUINARIA DE ELEVACIÓN

Para la elevación de cargas, se emplean las grúas que, en esencia, constan del cabrestante y de un elemento llamado pluma, normalmente triangular, con un lado comprimido y otro tendido, en cuyo extremo existe la polea de cambio de dirección del cable que va de éste punto al tambor del cabrestante. Los cuatro movimientos de la grúa son: elevación de la carga, elevación de la pluma, giro del conjunto, traslación del conjunto.

La variedad de tipos de grúas es grande, desde la grúa fija, con solo el primer movimiento, hasta la grúa móvil con los cuatro movimientos mecanizados.

GRUA TORRE

La grúa torre constituida como su nombre indica por una torre de altura suficiente para dominar la obra, en cuya parte superior están la pluma y un contrapeso, y en la parte inferior lleva un lastre y se apoya en una vía por la que se desliza.

GRUA MÓVIL SOBRE PÓRTICOS

Manejo de grandes volúmenes en puertos

GRUA MÓVIL SOBRE CAMIÓN

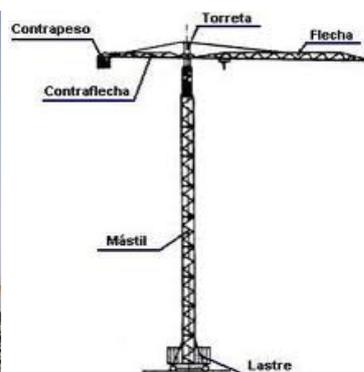
Para obras que necesitan de la elevación de materiales de una manera esporádica, p.e. colocación de vigas en puentes,

BLONDIN

Equipo de trabajo consistente en un sistema de elevación mediante cables. Está compuesto por dos pilares autoestables o atirantados, que se apoyan en el suelo, unidos por un cable portador sobre el cual se desliza un carro. Se utiliza para el transporte de hormigón en cubilote en la construcción de presas.



Grúa pórtico



Grúa Torre



Grúa sobre camión



Blondin



Blondin

ALBERTO VILLARINO OTERO