

Programa Específico: Instalaciones hidráulicas y plantas potabilizadoras

TEMA 13.- MAQUINARIA DE OBRAS PÚBLICAS. TIPOS. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS. MOTORES TÉRMICOS. GASOLINA Y DIESEL. OTROS TIPOS.

1. MAQUINARIA DE OBRA CIVIL

1.1. INTRODUCCION AL 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:

$1\text{ m}^3 \text{ banco} = 1,20\text{-}1,25 \text{ m}^3$ cargada $= 1,1\text{-}1,20 \text{ m}^3$ vertida $= 0,95\text{-}1,0 \text{ m}^3$ compactada.

Al excavar el material en banco, éste resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen. Este 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** F_w (Swellfactor) a la relación de volúmenes antes y después de la excavación (y coincide con la relación de densidades). 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.

Los estudios geológicos y geotécnicos de los proyectos deben intentar clasificar el terreno de esta manera, a fin de prever los medios de excavación correspondientes y ajustar el presupuesto a ellos.

1.2. MAQUINARIA DE EXCAVACIÓN Y EMPUJE

1.2.1. 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 traíllas
2. Tractor sobre cadenas (dozer)

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

- Poca presión al terreno (indicados para terrenos con agua ya que tiene poca capacidad de soporte)
- Grandes esfuerzos de tracción
- En general donde garantizar 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)

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

Aplicaciones:

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

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



1.2.2. 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** está 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 desmonte, para su posterior compactación
- Limpieza de arcenes



1.3. MAQUINARIA DE EXCAVACIÓN Y CARGA

1.3.1. PALA 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 sobre cadenas (por los mismos motivos que los tractores).

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.



1.3.2. 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 está 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.



Retroexcavadora



Equipo Bivalva

1.3.3. 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 de 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 (viulgarmente llamado picador), cuando encuentra en una zanja hormigón, pavimentos asfálticos u otro material no excavable fácilmente así como en trabajos urbanos levanta firme y pavimentos.



Máquina retrocargadora



Disposición con martillo demoledor

1.3.4. 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 formada 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

1.3.5. 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**. Dentro de las mecánicas está la draga de cuchara, la de pala de carga frontal, la retroexcavadora o backhoe dredger, la de rosario o draga de tolva continua o de cangilones y la draga de remoción. Dentro de las dragas de succión encontramos la draga de succión estacionaria, la cortadora o cutter suction dredger, la de succión en marcha y la draga Dustpan o recogedora de fangos.



Draga Mecánica



Draga de succión

1.4. MAQUINARIA DE CARGA Y ACARREO

1.4.1. 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 el 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.

- Las suspensiones: 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. En esta parte se encuentran: 1) los cilindros hidráulicos de dirección, el ángulo de giro es de 90°, de manera que puede dar la vuelta en un espacio menor que su longitud total. 2) los cilindros hidráulicos de suspensión de la caja, son 2 cilindros que permiten la elevación y descenso de la caja. 3) el balancín de apertura de la compuerta de sector, que abre y cierra la misma.



Trailla empujada



Mototrailla

1.5. MAQUINARIA DE ACARREO

1.5.1. CAMIÓN 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, pero su capacidad es mayor y se utiliza cuando el transporte es por las pistas de obra (18-28 Tn).

1.5.2. 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



Camión Dumper

1.5.3. DUMPER EXTRAVIAL RIGIDO

Son vehículos de transporte con caja basculante, cuyas características de cargas por eje y dimensiones no le permiten circular por carreteras, circulando por tanto solo dentro de las obras o en explotaciones mineras. Todos sus elementos son robustos, sobre todo la suspensión, eje y bastidor, ya que circulan por pistas en mal estado. Tienen dos ejes, el delantero de dirección y el trasero de tracción, con ruedas gemelas. Necesitan trasladarse de una obra a otra mediante trailers.

Las cajas, robustas y construidas con aceros especiales de alta resistencia, suele tener su fondo en forma de “V” para bajar el centro de gravedad. Sus ruedas son de gran diámetro y anchura, que le da flotabilidad en terrenos blandos, con dibujos muy profundos y marcados para dar mayor adherencia.

Sus dimensiones pueden llegar a los 8 m de anchura, 3.000 CV de potencia y 250 t de carga útil, aunque las habituales tienen una carga útil de entre 10 y 75 t.

1.5.4. DUMPER EXTRAVIAL ARTICULADO (LAGARTO)

Muy parecido al dúmper rígido, pero éste posee dos partes totalmente independientes, aunque se encuentran articuladas entre sí: la delantera, que es la tractora, y la trasera, que es la de carga. Tiene una mayor capacidad de maniobra, ya que la caja trasera de carga puede adquirir cualquier ángulo de hasta 90°. Se utilizan en obras de mucha producción. Pueden llevar una carga entre 22 -36 t.



Dumper Extravial Rígido



Dumper Extravial Articulado

1.5.5. MOTOVOLQUETE

El autovolquete o motovolquete autopropulsado (también llamado simplemente dumper o minidumper 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 Tn).



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 cm), a las que se aporta agua para facilitar su compactación, la cual se realiza por medio de los elementos apropiados.

Para la compactación, pueden emplearse:

1.6.1. 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

1.6.2. 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. Son de características similares a los lisos en cuanto a dimensiones, peso y vibración, montándose incluso en el mismo bastidor. Las formas de las patas son distintas según los modelos. Se utilizan fundamentalmente en arcillas, limos arcillosos, arcilla limosa y grava con aglutinantes arcillosos, es decir, suelos cohesivos y muy cohesivos, especialmente en terrenos con humedad excesiva. No obstante, este tipo

de compactador está casi en desuso en obras lineales, fundamentalmente por su pequeña velocidad de trabajo (2 km/h) y el gran número de pasadas (6-8 como mínimo). Se sigue utilizando en núcleos de arcilla de las presas de materiales sueltos.

1.6.3. COMPACTADORES ESTÁTICOS DE RUEDAS NEUMÁTICAS

Los compactadores de neumáticos normalmente se utilizan en la compactación de mezclas asfálticas, pero también se emplean en la densificación de tierras

En el caso de la compactación de firmes, es importante la suavidad en los arranques y en la inversión de marchas. Estos equipos combinan el efecto estático, con el de amasado, debido a la deformación de los neumáticos en contacto con la superficie. De este modo las partículas ni se rompen ni se aplastan.

Se llama **presión de contacto** P_C al cociente entre la carga por rueda P y el área de contacto del neumático, variable con la deformabilidad del suelo. La diferencia entre considerar rígida o deformable la superficie de apoyo puede dar resultados para la presión de contacto de igual al doble. La variación de P_C no es grande, debido a que un aumento de P , también incrementa el área de contacto.

La **presión de inflado** P_i tiene una influencia superior en la compactación, ya que un aumento de P_i supone una disminución del área de contacto, y por tanto una mayor presión de contacto. Esta presión suele variar entre 0,4 y 0,7 MPa.

La **carga por rueda** P , influirá sobre todo en la profundidad a la que llegue el esfuerzo de compactación



Rodillo Pata de Cabra



Rodillo de neumáticos

1.6.4. 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.ej. 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

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 cm. En la compactación de un suelo juega un papel muy importante la cantidad de agua que contiene.

1.6.5. PRINCIPIOS DE LA COMPACTACIÓN

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 compacidad 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 estandarizados: 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.

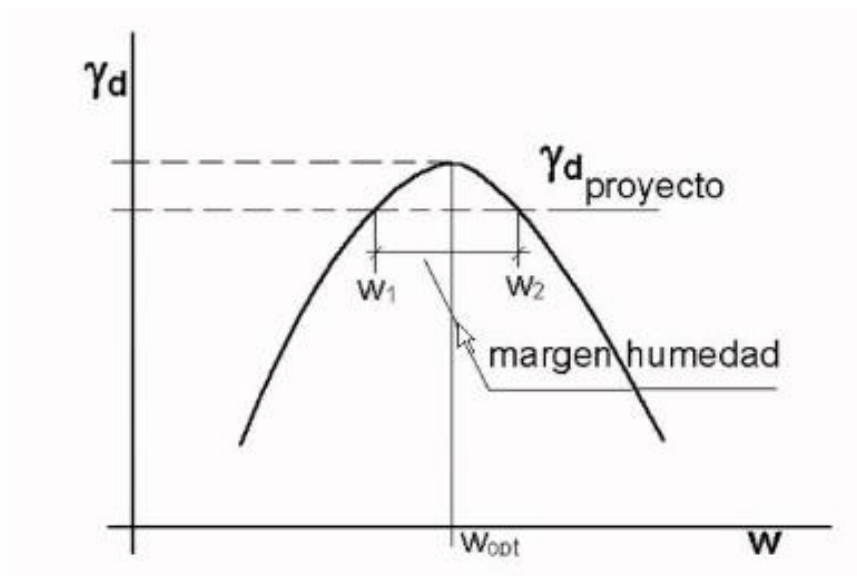


Gráfico que explica la humedad óptima (w_{opt}) para alcanzar la densidad proyectada (γ_d de proyecto)

2. MOTORES TÉRMICOS

2.1. INTRODUCCIÓN

Un motor térmico es una máquina cíclica que tiene como misión transformar energía térmica en energía mecánica que sea directamente utilizable para producir trabajo. Si el motor utiliza combustible como fuente térmica, se denomina **motor de combustión**. Éstos se pueden clasificar como de **combustión externa**, donde la combustión tiene lugar fuera del motor, como por ejemplo en la máquina de vapor, y de combustión interna, donde la combustión se produce dentro de la cámara interna del propio motor. Claro ejemplo de este último caso son los motores de los automóviles. Existen diferentes tipos de máquinas de combustión interna que se diferencian en el tipo de combustible utilizado, en las condiciones de combustión y en el nº de carreras que efectúa el pistón en un ciclo completo. Por otra parte, el movimiento producido puede ser **rotativo** (turbinas de explosión y combustión) o **alternativo** (motores de explosión y de combustión). A continuación, explicaremos los motores alternativos de combustión interna.

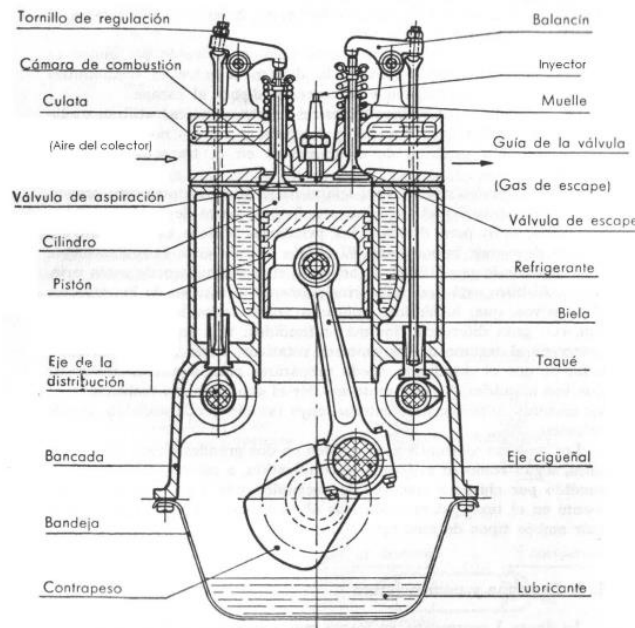
2.2. MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTIÓN INTERNA

Reciben este nombre por tratarse de un movimiento lineal de un pistón que cambia de sentido, y porque transforman la energía química contenida en los combustibles en energía mecánica, más concretamente en el movimiento de un eje. Los motores alternativos se dividen en dos grandes grupos: **los motores de encendido por chispa (motores Otto o de gasolina)** y **los motores de encendido por compresión (motores diesel)**.

2.3. ESQUEMA Y ELEMENTOS DE UN MOTOR

A continuación, se representa un **motor alternativo de combustión interna**. El cilindro es la parte en cuyo interior se moverá el pistón con movimiento rectilíneo alternativo. El cilindro forma parte del bloque del motor o bloque de cilindros. El bloque forma parte de

la bancada, formando la estructura principal del motor. En los motores de mayor tamaño, **bloque** y **bancada** forman dos piezas separadas, unidas entre ellas por medio de pernos.



En la parte superior del **bloque** se encuentra la **culata**, que cierra al cilindro por la parte superior. El espacio comprendido entre el cilindro, el pistón y la culata es la **cámara de combustión**, en la cual se produce la combustión de la mezcla del combustible y del aire. En los motores de encendido por chispa, la mezcla se produce en el carburador y entra por el colector de aspiración al cilindro a través de la **válvula de aspiración**. Una bujía se encarga de producir la chispa para que dicha mezcla explote. En los motores de encendido por compresión, lo que entra a través de la válvula de aspiración es aire, mientras que el combustible es introducido por medio del inyector, produciéndose la combustión.

El **pistón** incluye unos aros que impiden que los gases escapen entre éste y el cilindro. Cuando se produce la combustión, el pistón transmite el empuje de los gases a la **biela**, y ésta al **cigüeñal** que, mediante la manivela, produce el movimiento rotativo del motor. El cigüeñal se encuentra apoyado en la bancada por medio de los **cojinetes** de bancada o cojinetes de apoyo. Los gases producidos por la combustión salen al exterior por medio de la **válvula de escape** y del colector de escape.

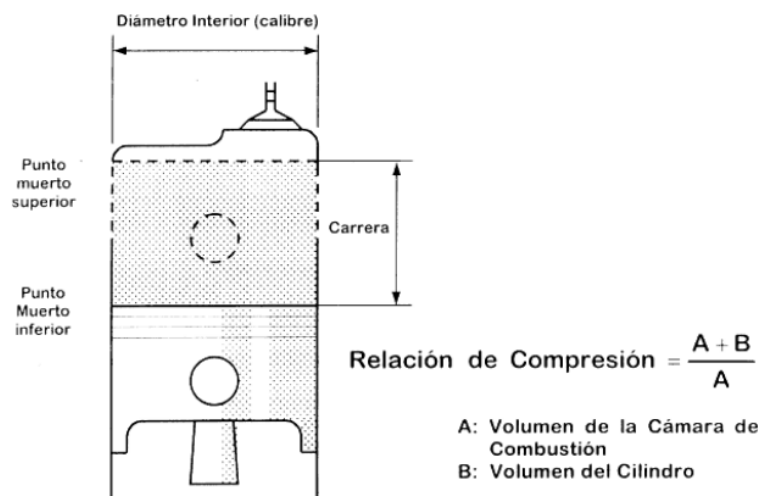
Las válvulas de aspiración y de escape están accionadas por la distribución. El **eje de distribución** o eje de camones, accionado por el cigüeñal, hace que los camones actúen sobre el conjunto formado por los taqués, los empujadores, y los balancines. La válvula se mantiene en su asiento por el muelle mientras no esté accionada.

2.4. TERMINOLOGÍA Y CONCEPTOS BÁSICOS

Para entender el estudio de los motores, necesitaremos conocer la siguiente terminología:

- **Punto muerto superior (PMS):** posición del pistón más próximo a la culata.
- **Punto muerto inferior (PMI):** posición del pistón más alejada de la culata.

- **Diámetro:** Se denomina diámetro de un cilindro al diámetro de la circunferencia del cilindro.
- **Carrera:** es la distancia entre el PMS y el PMI.
- **Volumen total del cilindro:** es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando se encuentra en el PMI.
- **Volumen de la cámara de combustión:** está comprendido entre la culata y el pistón cuando se encuentra en el PMS.
- **Cilindrada:** es el generado por el pistón en su movimiento alternativo desde el PMS hasta el PMI.
- **Relación de compresión:** es la relación que hay entre el volumen total del cilindro y el volumen de la cámara de combustión.



2.5. MOTORES DE 2 Y 4 TIEMPOS DE COMPRESIÓN Y EXPLOSIÓN

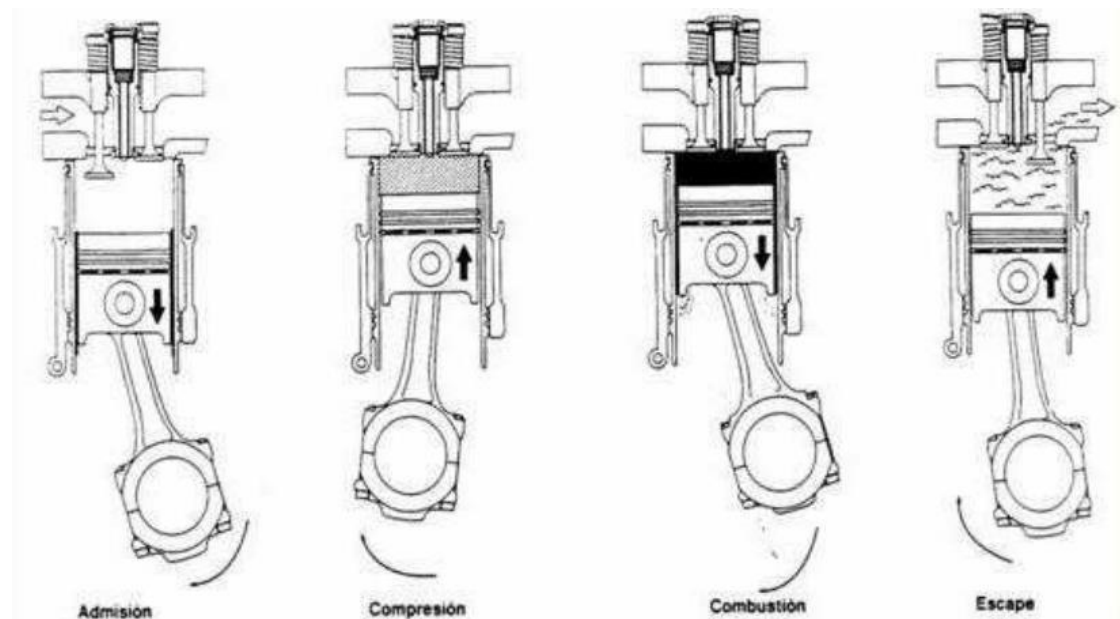
Definimos el ciclo operativo la sucesión de operaciones que el combustible realiza en el interior del cilindro de forma periódica. Los ciclos vienen denominados según el número de carreras del pistón necesarias para completarlos. Se dice que un ciclo es de dos tiempos cuando son necesarios dos carreras del pistón (una vuelta del eje), y de cuatro tiempos cuando son necesarias cuatro carreras (dos vueltas del eje).

MOTORES DE 2 TIEMPOS DE COMPRESIÓN:

En los motores de 2 tiempos, la combustión y el escape se realizan en la misma carrera, al igual que la admisión y la compresión. Para que la admisión sea efectiva, el aire o la mezcla deben ser previamente comprimidos para tener la presión suficiente para entrar en el cilindro. El escape se realiza por la propia presión de la combustión.

MOTORES DE 4 TIEMPOS DE COMPRESIÓN (DIESEL):

El ciclo de 4 tiempos comprende las cuatro fases siguientes:



a) **Admisión:** en su carrera descendente aspira el aire a través de la válvula de aspiración situada en la culata. Esta válvula comienza a abrir antes de iniciar la carrera descendente, al objeto de que cuando el pistón inicie su camino descendente, ya esté ligeramente abierta, puesto que si bien la forma de la leva hace que esta apertura sea rápida, necesita un tiempo para abrirse. Cierra después de que el pistón llegue al PMI aprovechando la inercia del aire que está entrando y al objeto de meter la mayor cantidad de aire en el cilindro, cerramos la válvula cuando esa inercia ha cesado.

b) **Compresión:** una vez cerrada la válvula de aspiración después del inicio de la carrera ascendente, el aire queda encerrado en el interior del cilindro siendo comprimido por el pistón en la cámara de combustión. Debido a la alta relación de compresión (con valores entre 15 y 20), la temperatura del aire al final de la compresión es del orden de 500 a 700 °C, con presiones que van desde los 35 kg/cm² en motores pequeños hasta los 100 kg/cm² en los motores grandes actuales.

c) **Combustión y expansión:** antes de finalizar la carrera de compresión se produce la inflamación del combustible inyectado en la cámara de combustión. Este adelanto está justificado porque una cosa es el comienzo de la inyección y otra es el comienzo de la combustión, desde que la bomba comienza a impulsar el combustible hasta que la primera partícula se enciende pasa determinado tiempo. Esta combustión provoca un aumento de presión y temperatura del fluido, lo que hace que el pistón sea empujado hacia abajo expandiéndose los gases. Antes de que finalice esta carrera, la válvula de escape comienza a abrir y empiezan a salir los gases.

d) **Escape:** esta fase comienza con la apertura de la válvula de escape. En primera instancia lo lógico sería que la expansión se prolongase hasta PMI para así aprovechar al máximo el empuje de los gases, pero teniendo en cuenta que al final de la expansión los gases realizan muy escaso trabajo y que el máximo esfuerzo que soporta el sistema pistón-biela-cigüeñal es justo en el PMI cuando el pistón invierte su movimiento, se abre la válvula en el punto dicho anteriormente para aligerar al sistema de esfuerzos innecesarios y peligrosos. Al volver el pistón al PMS empuja a los gases a salir por la válvula de escape. Antes de llegar al final de la carrera, comienza a abrir la válvula de aspiración mientras poco después cierra la de escape.

2.6. MOTORES DE EXPLOSIÓN (GASOLINA)

El funcionamiento mecánico del motor de explosión tanto en 2T como en 4T es muy similar al del motor diesel; las diferencias fundamentales están en el modo de introducir el combustible, la naturaleza del mismo y su encendido y combustión.

En el tiempo de aspiración, el pistón obliga al aire exterior a entrar en el cilindro, pero en este caso el combustible es aspirado junto con el aire por medio del carburador, que a su vez lo dosifica convenientemente. La apertura y cierre de la válvula de aspiración es similar a como se efectúa en el motor diesel. Una vez cerrada la válvula de aspiración, la mezcla es comprimida hasta PMS; en este caso la compresión es menos enérgica (con una relación de compresión del orden de 6 a 12) para evitar que se alcancen temperaturas tan altas que puedan producir el encendido prematuro de la mezcla. Este encendido se debe realizar por medio de una chispa de alta tensión producida entre los electrodos de una bujía unos grados antes de que el pistón llegue arriba. La inflamación de la mezcla es casi instantánea; sin embargo, la demora existente entre que salta la chispa y se enciende la mezcla es suficiente para que el pistón haya sobrepasado el PMS.

2.7. DIFERENCIAS ENTRE MOTORES DE EXPLOSIÓN Y DE COMPRESIÓN

Entre los motores de explosión y los diésel, aparte de las diferencias mencionadas, existen las siguientes: los motores diesel son de construcción mucho más robusta debido a los mayores esfuerzos que tienen que soportar sus órganos y son por ello más caros. Para la misma potencia pesan más y tienen una velocidad limitada por la duración del proceso de combustión, que en cualquier caso es mucho más lento que en los motores de explosión. A favor de estos está también una mayor sencillez en el sistema de encendido del combustible y una más rápida respuesta a las variaciones de potencia deseadas. En contra de los motores de explosión está que tienen peor rendimiento térmico para las mismas características, lo que se traduce en un consumo específico mayor, los combustibles para motor de explosión son más caros y el mantenimiento también. Los motores diesel son más duraderos que los otros. Para grandes potencias los esfuerzos térmicos son tan grandes en los motores de explosión que estos no se construyen.

MOTORES DIESEL

Construcción más robusta
Más caros
Más lentos
Mejor rendimiento térmico
Menos consumo
Más duraderos
Potencia ilimitada

MOTORES DE EXPLOSIÓN

Construcción más ligera
Más baratos
Más rápidos
Peor rendimiento térmico
Más consumo
Mejor respuesta a las demandas de potencia
Limitación de potencia