

# 1- COMPACTACION DE SUELOS:

## ■ 1-1 GENERALIDADES:

- Etapa de proyecto (materializar una obra).
- Nivelar el terreno natural.
- Definir: progresivas y cotas.
- Realizar un movimiento de suelos: terraplen y desmonte.
- Material excavado:
  - resulte apto: se puede utilizar para relleno → economía.
  - No apto: se debe aportar desde otra zona → costo adicional transporte

Ing. Civil Daniel Videla

## ■ 1-2 EQUIPOS:



■ 1-2 EQUIPOS:



■ 1-2 EQUIPOS:

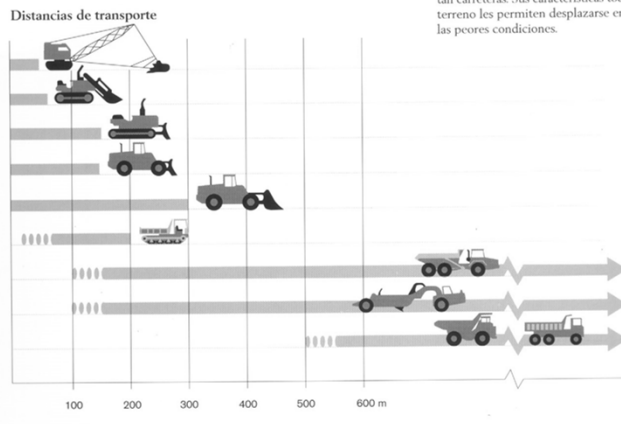


■ **1-2 EQUIPOS:**



■ **1-3 RENDIMIENTOS DE EQUIPOS:**

- Topadoras: desmote y acarreo, distancias cortas.
- Cargadoras frontales: distancias considerables, cargan en camiones.
- Motoniveladoras: mezclar material y perfilado final.

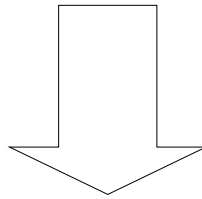


## ■ 1-4 MATERIAL COLOCADO:

- Apto para recibir cualquier tipo de carga.
- Deber ser estabilizado, incorporando al suelo



**ENERGIA MECANICA**



**COMPACTACION**



## 2- MATERIAL PARA TERRAPLEN:

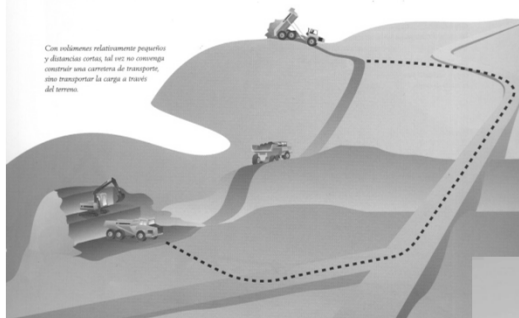
### ■ 2-1 GENERALIDADES:

- Materiales disponibles en la zona.
- Función a cumplir durante su vida útil.
- Suelos cohesivos: limos y arcillas.
- Suelos no cohesivos: gravas y arenas.
- Mezclados: aglutinantes para mejorar calidad (cal, cemento, asfalto, etc.).

## ■ 2-2 REQUISITOS:

- Resistencia al corte →  $f$  (fricción y cohesión).  
Conocer ( $\phi$ ,  $c$ ,  $\gamma$ ).
- Estanqueidad → referido al pasaje del agua.
- Trabajabilidad →  $>$  ó  $<$  dificultad para compactar.  
 $f$  (humedad).
- Insolubilidad → presencia de sales o sustancias químicas.

## - ECONOMIA → $f$ (VOLUMENES QUE SE MANEJAN DE SUELO)



## ■ 2-3 SELECCIÓN DEL MATERIAL:

- Definidas las condiciones que debe cumplir el terraplén, se deben realizar ensayos para conocer sus cualidades:

1. Tamaño Máximo.
2. Granulometría
3. Sales.

Ensayos de clasificación:

Densidad

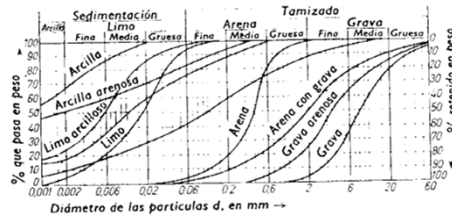
Límite Líquido (LL)

Límite Plástico (LP)

Permeabilidad

Compresión Triaxial

Compactación.

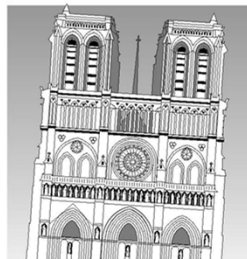


## 3- COMPACTACION:

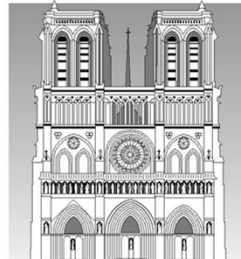
### ■ 3-1 DEFINICION:

Es el procedimiento de aplicar energía al suelo, para eliminar espacios vacíos.

Aumentando así, su densidad y en consecuencia su capacidad portante y estabilidad.



Sin compactar

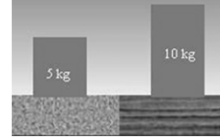


Bien compactado

## 3- COMPACTACION:

### ■ 3-2 OBJETIVOS:

- DESARROLLAR RESISTENCIA AL CORTE  
( aumentar capacidad soporte)



- DISMINUIR LA PERMEABILIDAD:

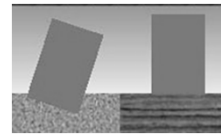
> contacto entre partículas

< Volumen de vacíos

< capacidad de absorción de agua.



- ESTABILIDAD VOLUMETRICA → Sin variación de volumen.



### ■ 3-3 CONTROLAR:

- Disminución de la Dss, por exceso de compactación, debido al: hinchamiento porque la ecomp. >>.

- Ascenso de la napa freática → aumentar capilaridad.

### ■ 3-4 ETAPAS:

- Laboratorio → Dsmax y Hóptima con una determinada Ec.

- En el terreno → Verificar con Hóptima y Equipo, si se ha obtenido la Dss requerida.

## 4- CONTROL GRADO COMPACTACION:

### ■ 4-1 ENSAYO PROCTOR:

- Reproduce lo que sucede en obra.
- Determinar  $\rightarrow D_{ss} = f(\text{Humedad, manteniendo } E_c = \text{cte}).$

### ■ 4-2 ENERGIA ESPECIFICA:

- $E_c = (\text{N}^\circ \text{ golpes} \cdot \text{N}^\circ \text{ capas} \cdot \text{Peso pisón} \cdot \text{H caída}) / (\text{Vol.})$

### ■ 4-3 PERIODOS CARACTERISTICOS:

- **HIDRATACION:** Película absorbida a los granos:  $\uparrow D_{ss}$  con H%.
- **LUBRICACION:** Película > espesor,  $\downarrow$  Fricción Interna, se se produce un acomodamiento de los granos y  $\uparrow D_{ss}$ .
- **HINCHAMIENTO:** Película separa los granos,  $\uparrow V_v$   
La  $E_c$  es absorbida por la presión neutra generada,  $\downarrow E$  efectiva.
- **SATURACION:** Separación máxima y las presiones neutras, contrarrestan a la  $E_c$ .

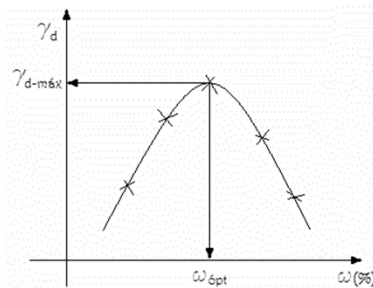


Figura 1: Curva de compactación Proctor.



## ■ 4-4 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

1. SE TOMA UNA MUESTRA DE MATERIAL SECO.
2. SE ADICIONA UNA CANTIDAD DE AGUA → Determina H%.
3. SE ALOJA EN RECIPIENTE NORMALIZADO.
4. SE COLOCA MATERIAL HASTA LA MITAD → 25 golpes (h=30 cm).
5. SE COLOCA SUELO HASTA EL BORDE → 25 golpes.
6. SE COLOCA SUPLEMENTO, HASTA LA MITAD → 25 golpes.
7. SE QUITA SUPLEMENTO Y SE ENRASA CON ESPATULA.
8. SE PESA TODO → (Pc + Psh).
9. SE SACA EL SUELO → H%, SE AGREGA 2 A 3% DE AGUA.
10. SE REPITE OPERACIÓN → Hasta determinar 2 puntos de descenso de la curva.

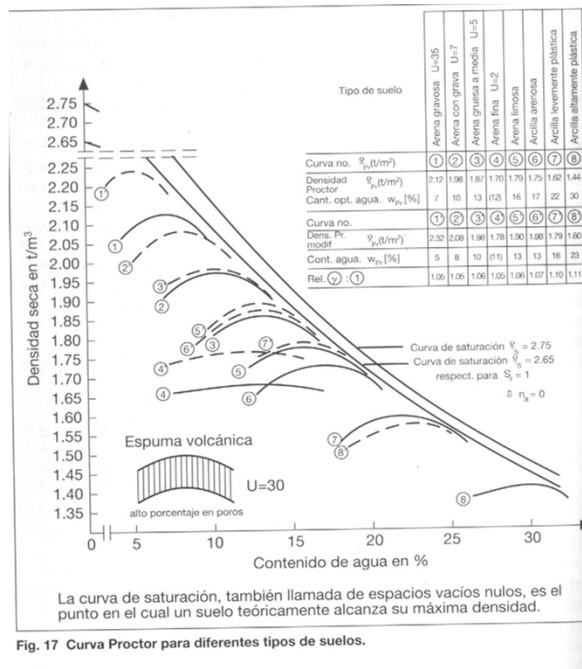
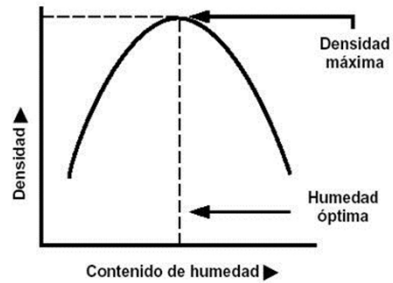


Fig. 17 Curva Proctor para diferentes tipos de suelos.

HAY 5 ENSAYOS = f (material) →

PROCTOR STANDART: T99

PROCTOR MODIFICADO: T180

OBSERVACIONES:

La  $D_{max}$ , se presenta para % de vacíos de 5%.

Las curvas de compactación son casi todas de la misma forma:

Curva aplastada: predominio de un tamaño de partículas.

Curva con pico pronunciado: suelo bien graduado.

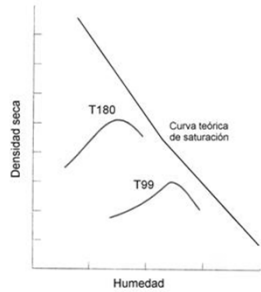


Figura 4.2. Curvas de humedad - densidad de Proctor

| Características de las pruebas de compactación por impactos de uso más generalizado |  |                                  |                            |                            |                    |                       |                                    |   |
|---|--|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|---|
| Prueba  | Tratamiento del material   | Molde<br>Diámetro<br>Altura (cm) | Peso del<br>muelle<br>(kg) | Altura<br>de caída<br>(cm) | Numero<br>de capas | Reuso<br>del<br>suelo | Numero<br>de<br>golpes<br>por capa | Energía<br>específica<br>kg cm<br>cm <sup>2</sup> |
| Proctor estándar  | Cribado por la malla N°  | 10.16 12.70                      | 2.490                      | 30.48                      | 3                  | si                    | 25                                 | 4.02  |
| Prueba E-10 del U.S.B.R.  | Cribado por la malla número 4, tras secado al aire y desintegración de grumos  | 10.80 15.24                      | 2.490                      | 35.72                      | 3                  | si                    | 25                                 | 6.05  |
| Proctor (AASHTO) estándar   | Cribado por la malla número 4, tras secado al aire   | 10.16 11.43                      | 2.490                      | 30.48                      | 3                  | si                    | 25                                 | 6.05  |
| Proctor (AASHTO) modificada   | Secar al aire, se desintegran grumos y se criba por la malla de "N°", reemplazando material retenido con igual peso del material comprendido entre las mallas de "N°" y número 4 | 15.24 17.78                      | 4.530                      | 45.72                      | 5                  | no                    | 55                                 | 27.31   |
| California tipo A   | Cribado por la malla de "N°" en estado seco  | 7.30 91.44                       | 4.530                      | 45.72                      | 5                  | NO                    | 20                                 | 17.70   |
| Tipo B  | Cribado por la malla de "N°" en estado húmedo  | 7.30 91.44                       | 4.530                      | 45.72                      | 10                 | no                    | 20                                 | 35.40   |
| Británica estándar  | Secado al horno o al aire y cribado por la malla "N°"  | 10.16 11.68                      | 2.492                      | 30.48                      | 3                  | si                    | 25                                 | 6.05  |
| Variante Proctor de SCP   | Secado al aire y cribado por la malla número 4   | 10.16 11.68                      | 2.490                      | 30.48                      | 3                  | si                    | 30                                 | 6.05  |

## ■ 4-5 GRADO DE COMPACTACION:

Concepto: relación entre la densidad alcanzada en obra y la obtenida en el laboratorio.

$$G_c = (D_{real} / D_{max}) \times 100 \rightarrow \geq 95 \%$$

Métodos para su determinación:

Cono de arena: verter arena calibrada en una perforación del suelo.

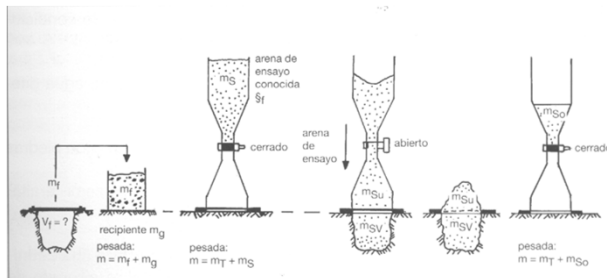


Fig. 23 Método de equivalente de arena



### DENSIMETRO NUCLEAR:

Basado en la medición de la absorción de partículas radioactivas por parte del suelo y agua, a partir de una fuente emisora conocida.

Los suelos densos, absorben más radiación que los sueltos.

Cesio 137 : Radiación gamma → Ds.

Americio 241: Berilio (neutrones) → H%.



### ■ 4-6 COMPACTACION EN OBRA:

En función de las características del suelo.

Medios:

PRESION ESTATICA =

f (Peso).

PRESION DINAMICA =

f (Peso + Altura de caída).

VIBRACION =

f (Ondas de Presión).



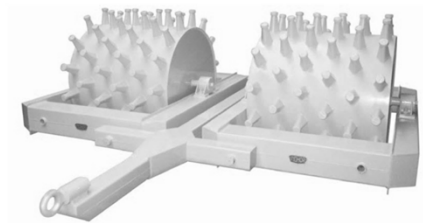
## ■ 4-7 EQUIPOS DE COMPACTACION:

**RODILLOS PATA DE CABRA:**   ARRASTRE (lastre: agua o arena)  
AUTOPROPULSADOS

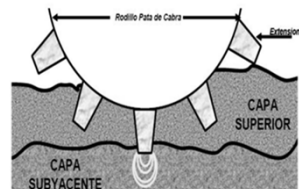
PARA SUELOS FINOS O MEZCLAS ESTABILIZADAS.



### CARACTERISTICAS:



- Patas: tronco piramidal o tronco cónica.  $L = 20 \text{ cm}$
- Compactación ascendente.
- Espesor capa suelta,  $e = l_{\text{pata}} + 5 \text{ cm}$
- DNV → Capas horizontales,  $e \leq 30 \text{ cm}$ .
- N° de pasadas → 18 a 24.



**RODILLOS NEUMATICOS MULTIPLES → ARRASTRE  
AUTOPROPULSADOS**

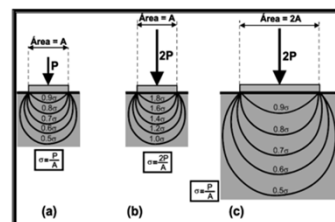
**PARA ARENAS Y GRAVAS, CON O SIN FINOS.**



**CARACTERISTICAS:**



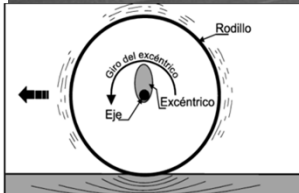
- Dos ejes:
  - Delantero → 3 a 6 ruedas.
  - Trasero → 1 más, compacta espacios.
- Para grandes movimientos de tierra.
- Compactación: concepto de bulbo de presión.
- Autopropulsados: presión variable de inflado.
- N° de pasadas → 8



**EQUIPO VIBRANTE**

**DOS ACCIONES** → Reducción fricción interna.  
Efecto de bombardeo.

**PARA SUELOS SIN COHESION** → ARENAS.



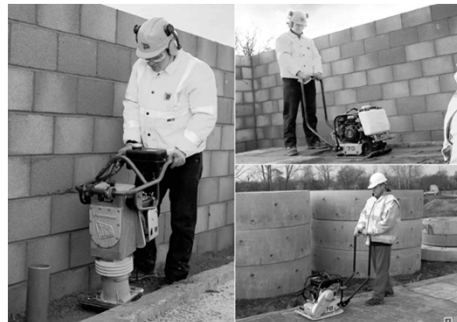
**CLASIFICACION:**

**MANUAL** → **ARRASTRE.**  
**AUTOPROPULSADOS**

**ARRASTRE** → **LISOS.**  
**NEUMATICOS**  
**PATA DE CABRA**



**AUTOPROPULSADOS**



**SELECCIÓN DEL EQUIPO → f (Clase de Suelos y Hóptima)**

**TIPO DE SUELO → PLASTICO.**  
Hop  $\leq 70\%$   
Peso Equipo = 6 ~ 8 tn  
Espesor Capa e = 30 ~ 70 cm  
Nº Pasadas = 2 ~ 8

**TIPO DE SUELO → ARENOSO.**  
Hop  $\leq 50 \sim 70\%$   
Peso Equipo = 2 ~ 4 tn  
Espesor Capa e = 40 ~ 70 cm  
Nº Pasadas = 4 ~ 10

