



COMPACTACION DE SUELOS

Area de Geotecnia.

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



COMPACTACION DE SUELOS

OBJETIVO:

- Interpretación los casos en los que aplica el concepto de compacidad de suelos.
- Evaluar la respuesta del suelo en función del estado de compactación.
- Métodos de compactación en campo.

REFERENCIAS:

- Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta edición. BRAJA M. DAS. Capítulo 14 Presión lateral de suelos.
- Soil Mechanics in Engineering Practice. 3° Edición. Terzaghi, K.; Peck, R. y Mesri, G. Article 44. Compaction, Preloading, and other Methods.

Área de Geotecnia.

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



COMPACTACION

POR QUÉ COMPACTAR EL SUELO ?

- 1- Incrementar la resistencia del suelo
- 2- Reducir los asentamientos
- 3- Reducir la permeabilidad
- 4- Reducir los daños por helada
- 5- Reducir los daños por erosión

FACTORES QUE AFECTAN LA COMPACTACIÓN

- 1- Tipo de suelo
- 2- Humedad (w_c)
- 3- Energía de Compactación



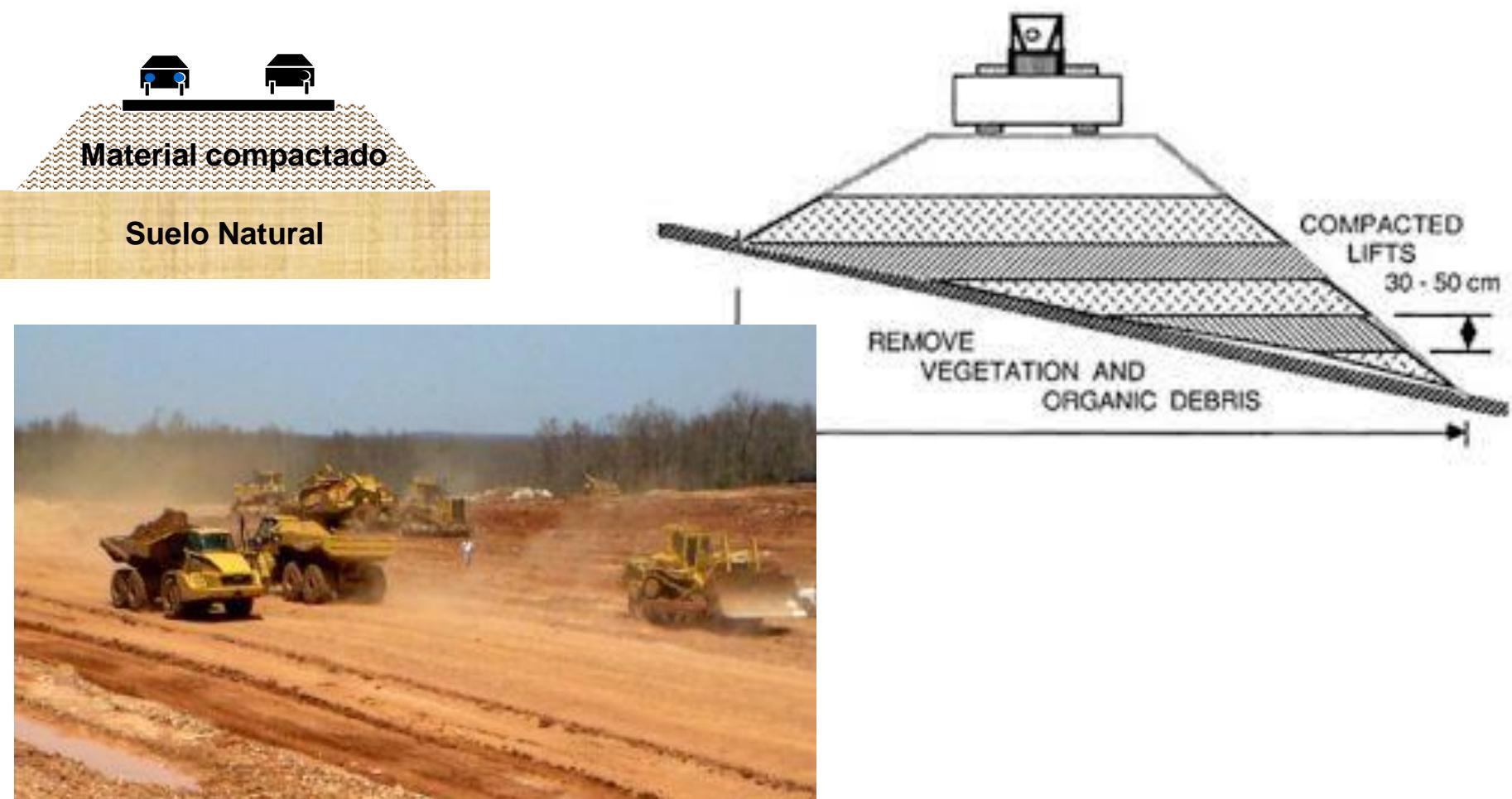
COMPACTACION

APLICACIONES



APLICACIONES

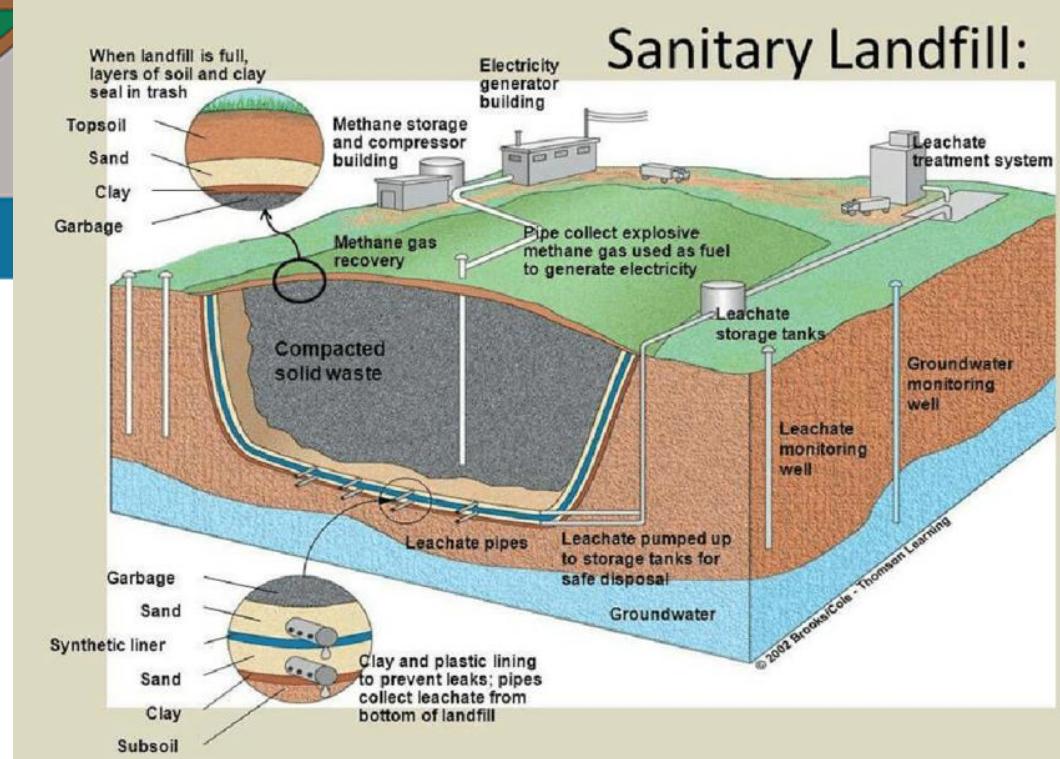
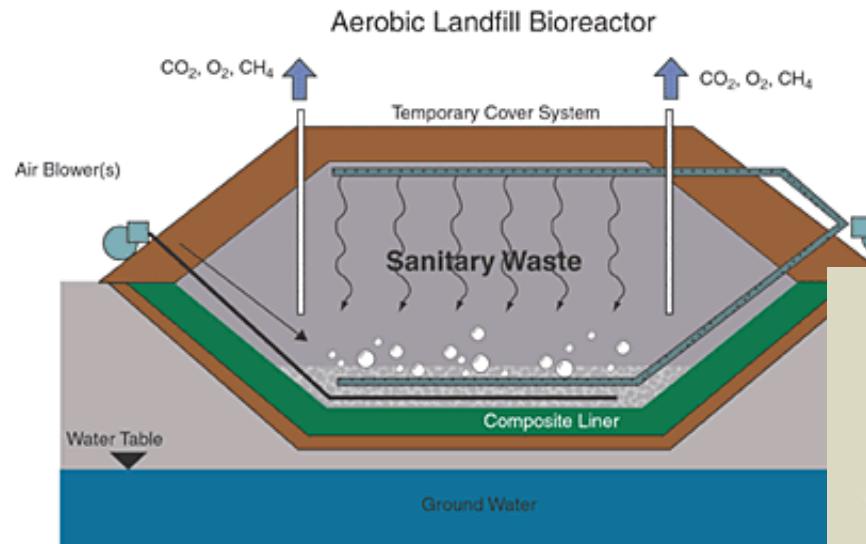
El suelo como material de construcción





APLICACIONES

El suelo como material de construcción





APLICACIONES

El suelo como material de construcción



Piletas de residuos o de agua - Minería



APLICACIONES

El suelo como material de construcción



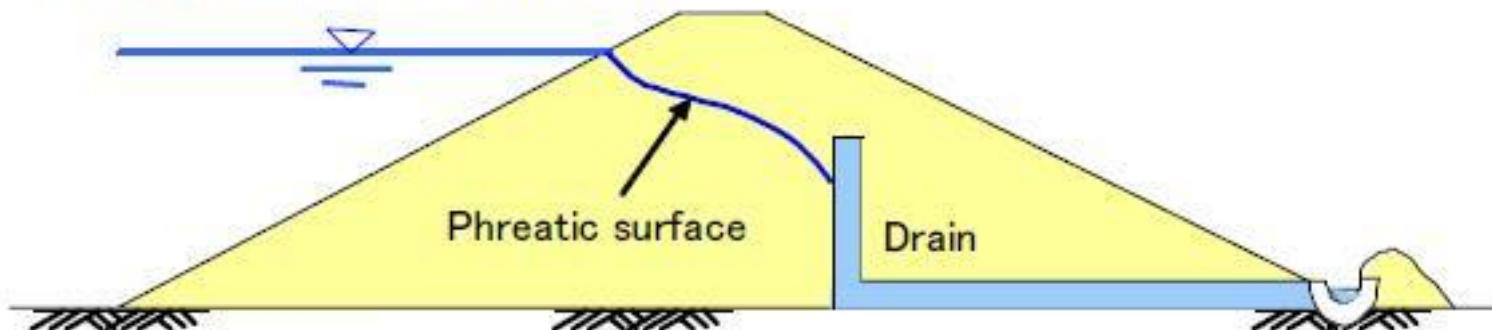
Piletas de residuos o de agua - Minería



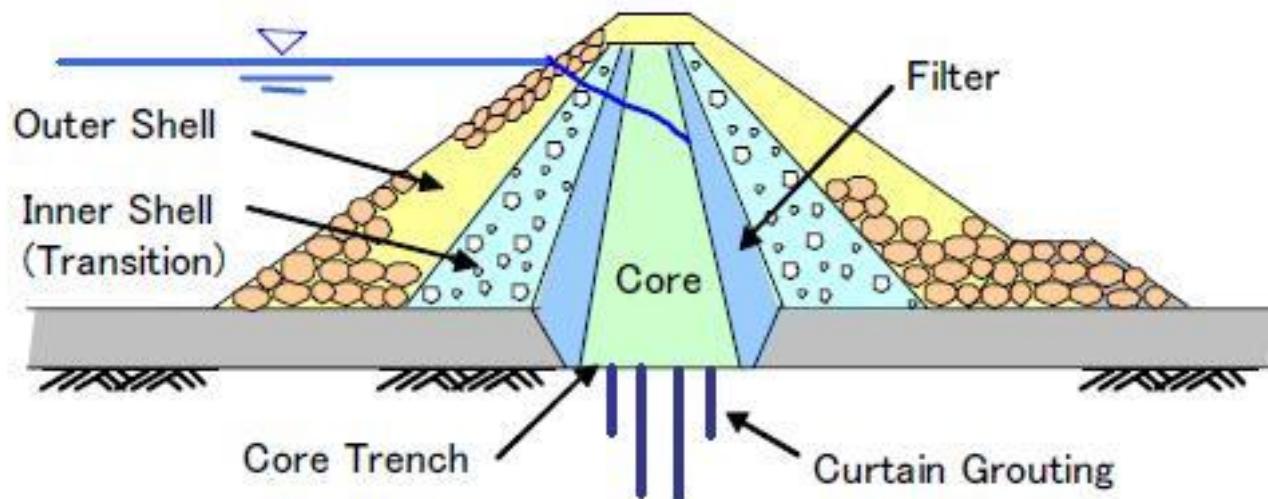
APLICACIONES

El suelo como material de construcción

(a) Homogeneous Earth Dam



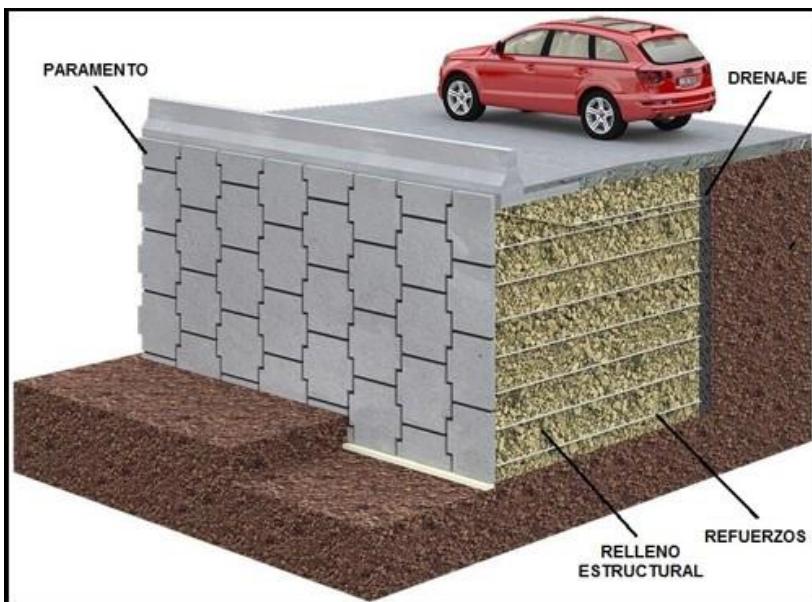
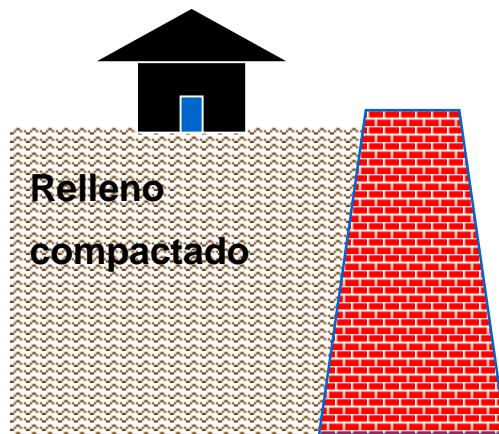
(b) Rockfill Dam with a Centrally Located Core





APLICACIONES

El suelo como material de construcción





COMPACTACION

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL



COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio



- ASTM D 698
 - Ensayos Compactación Proctor Standard
 - Pesa: 5.5 lb
 - Altura de caída: 12in
- ASTM D 1557
 - Ensayos Compactación Proctor Modified
 - Pesa: 10 lb
 - Altura de caída: 18in



ENSAYO DE COMPACTACION

- Muestra de suelo seco
- Adicionar agua hasta % determinado
- Compactar el suelo en el molde
- Medir el peso unitario húmedo (γ_g)
- Medir la humedad (w)
- Calcular peso unitario seco

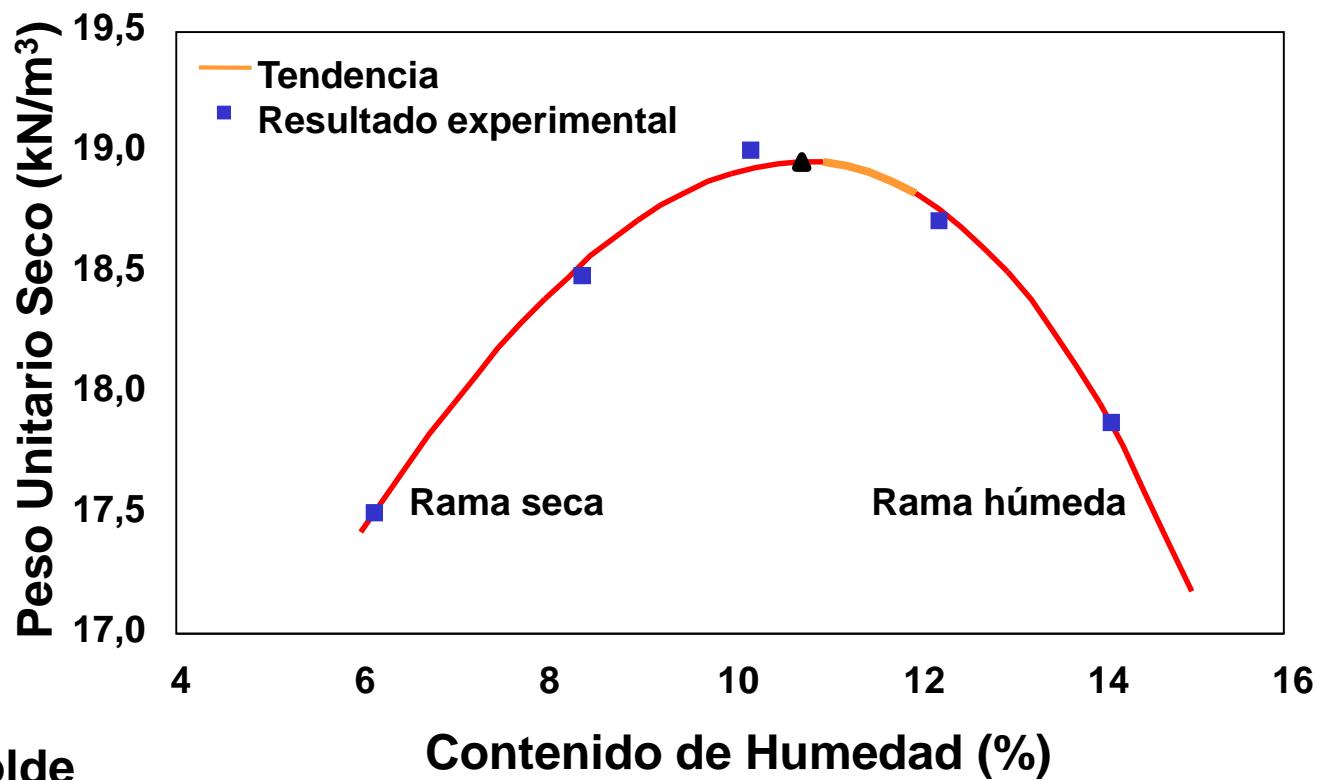
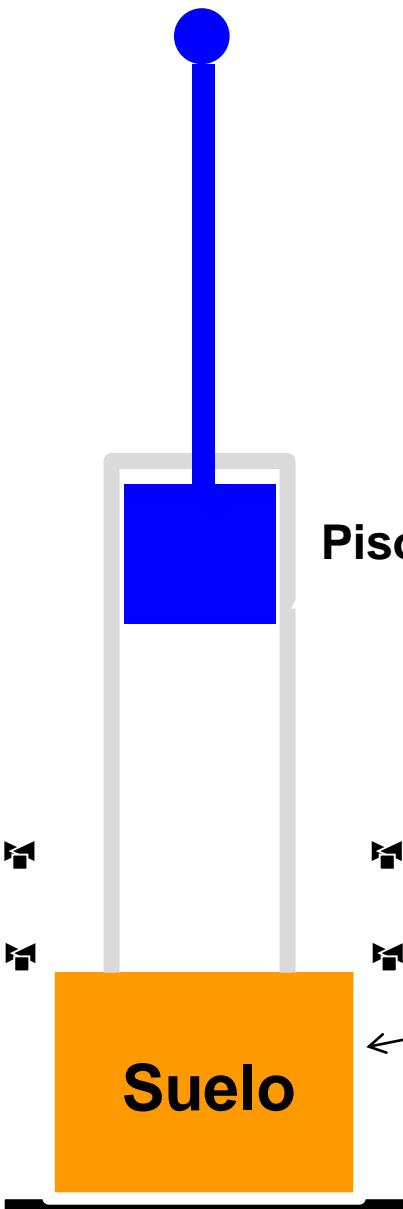
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$$

- Repetir 4 veces con diferentes humedades



COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio





COMPORTAMIENTO

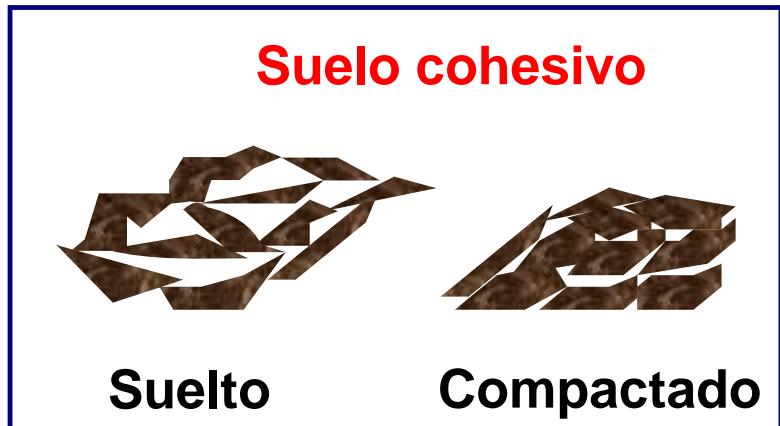
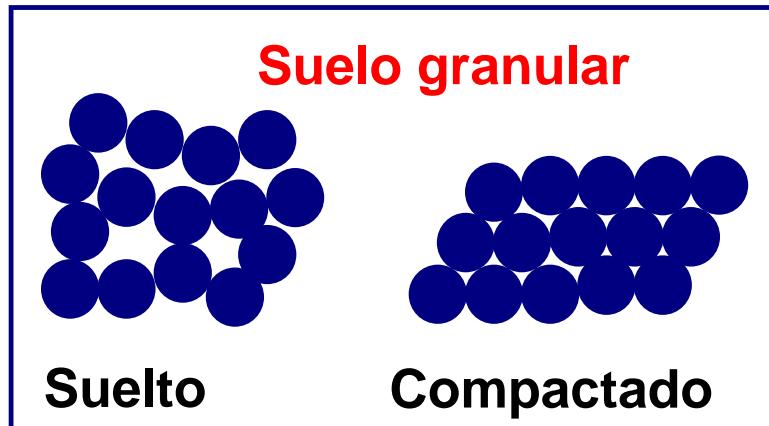
Ensayos de Laboratorio





COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio



Aplicación de energía



- Reducción de $e \rightarrow$ Aumento de γ
- Incremento de resistencia
- Rigidización del material
- Reducción de la permeabilidad
- Control de colapso o expansión
- Reducción del potencial de licuación





COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio

Factores que influyen en la compactación

- Contenido de humedad
- Energía de compactación
- Tipo de suelo
- Tipo de energía de compactación

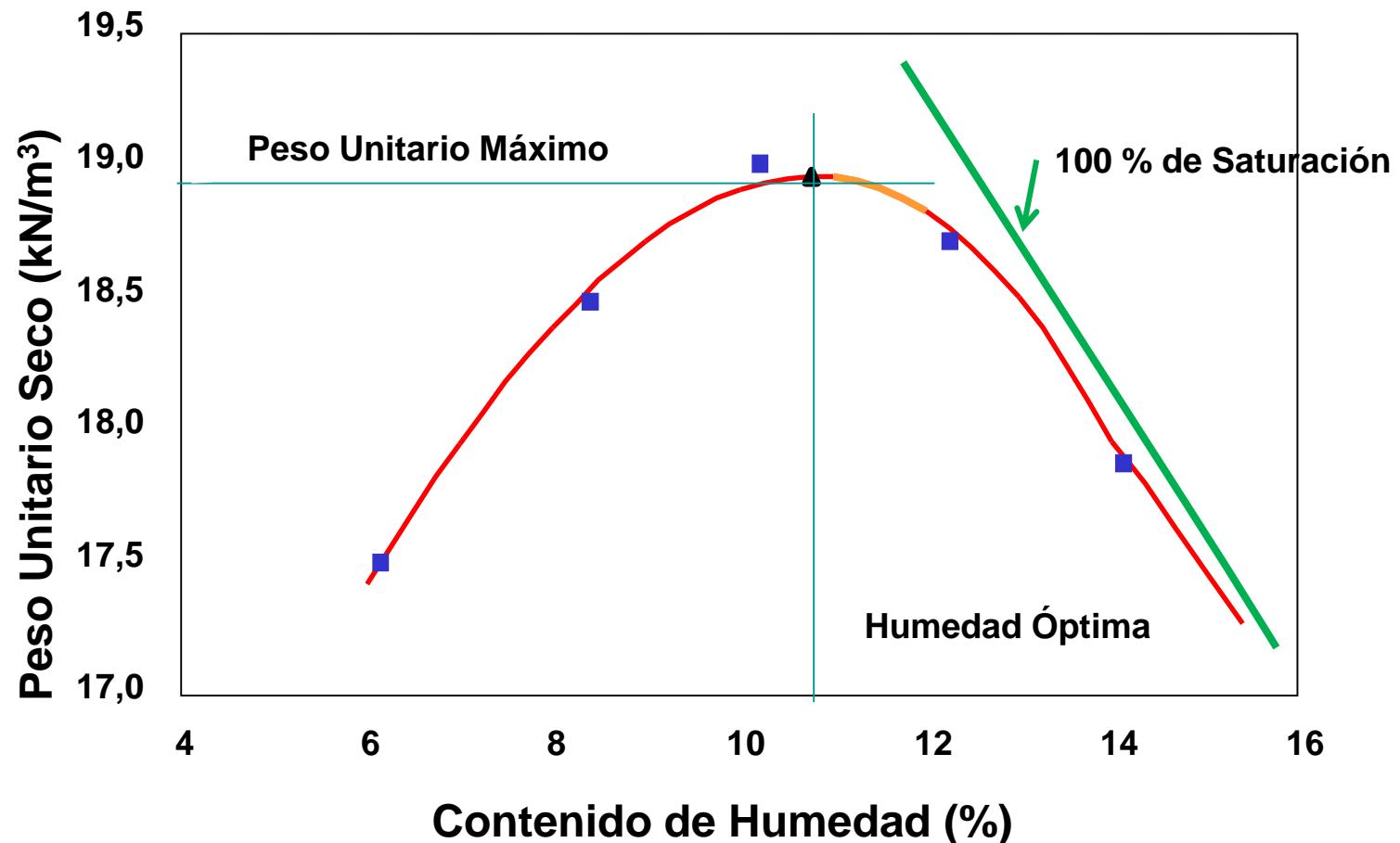


COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio

Factores que influyen en la compactación

■ Contenido de humedad

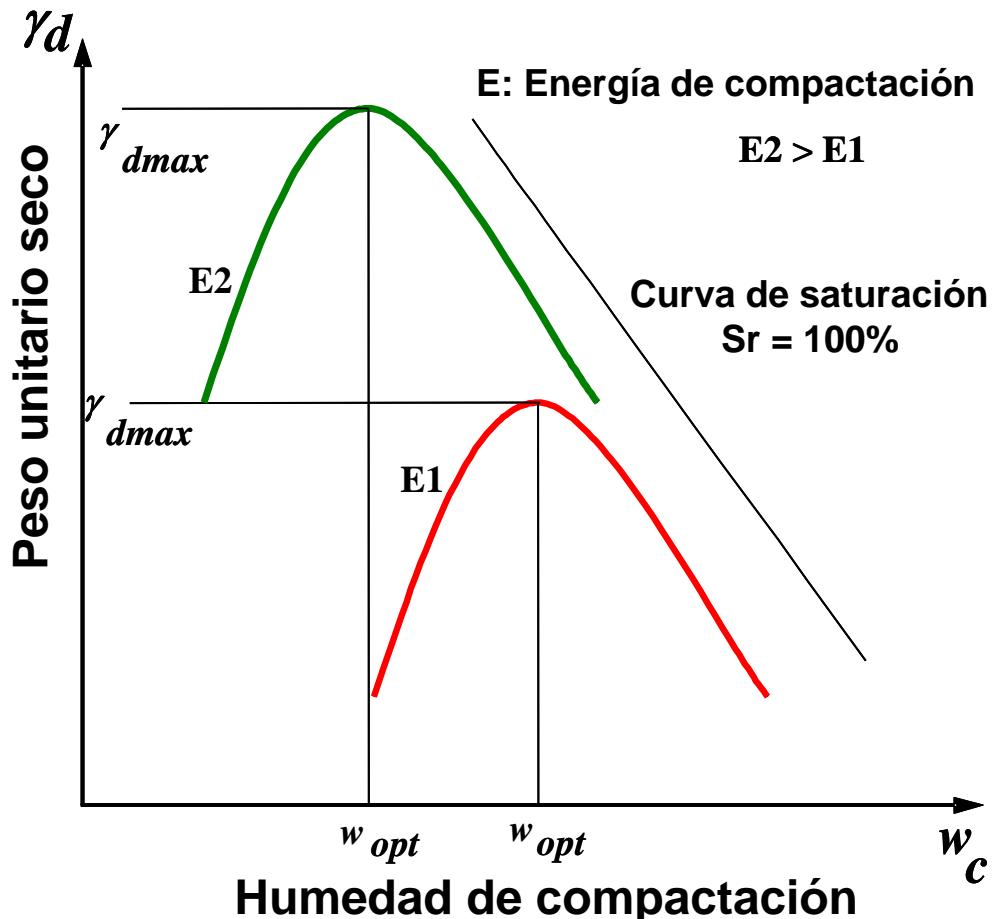




COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio

Ítem	Proctor estándar	Proctor modificado
Diámetro del molde	101,6 mm	101,6 mm
Volumen del molde	943,3 cm ³	943,3 cm ³
Peso del Pisón	24,4 N	44,5 N
Altura de caída del pisón	304,8 mm	457,2
Numero de golpes	25	25
Numero de capas	3	5
Energía de compactación	591,3 kN·m/m ³	2696 kN·m/m ³



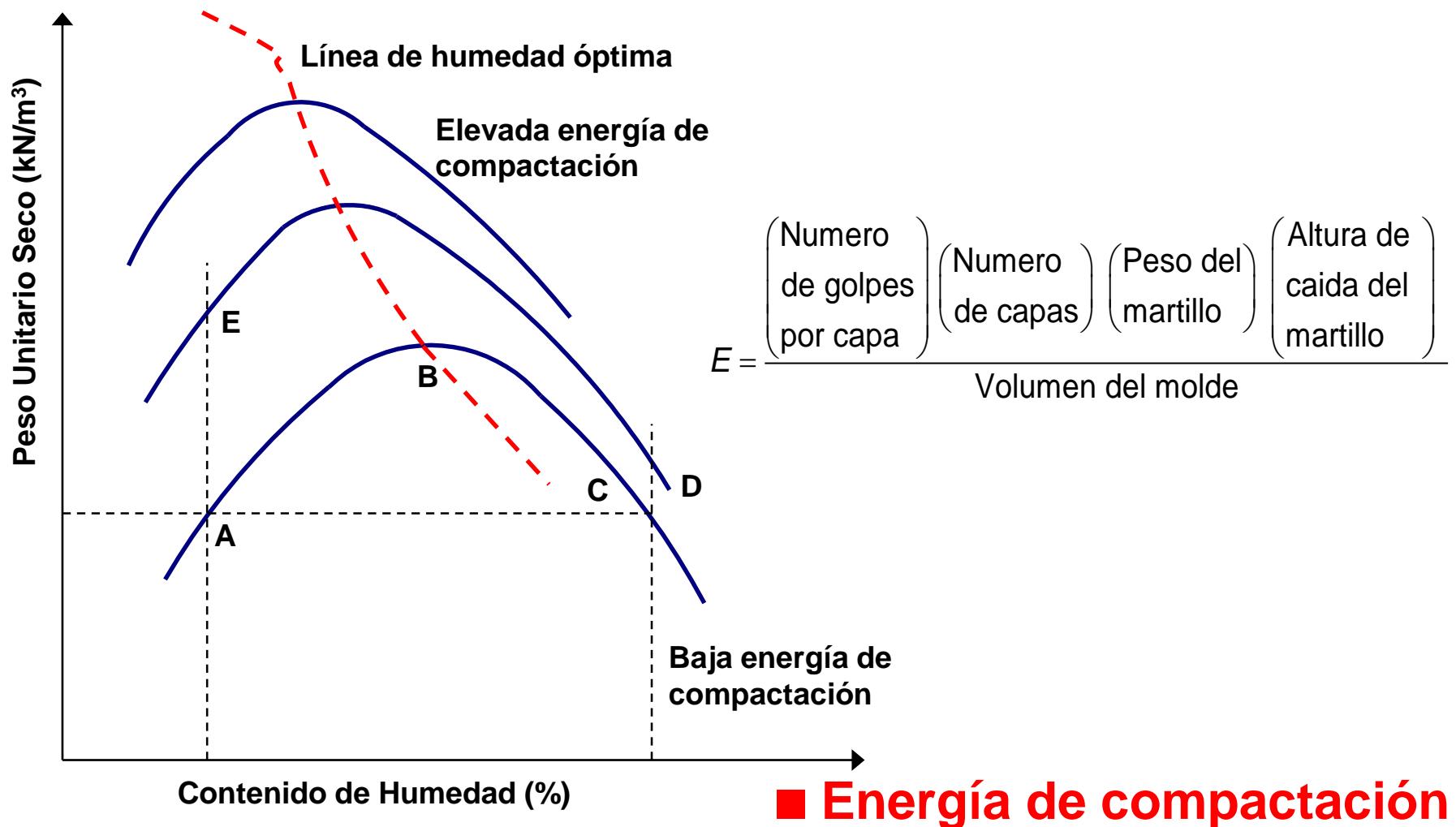
■ Energía de compactación



COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio

Factores que influyen en la compactación



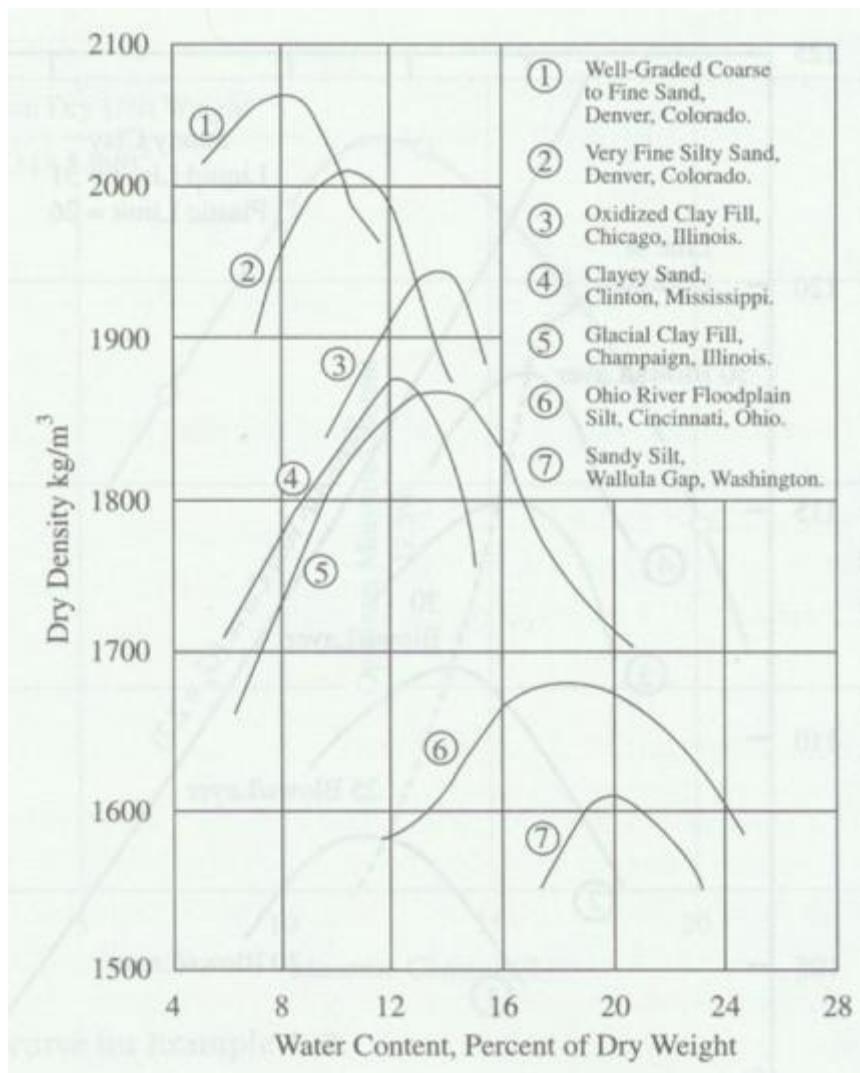
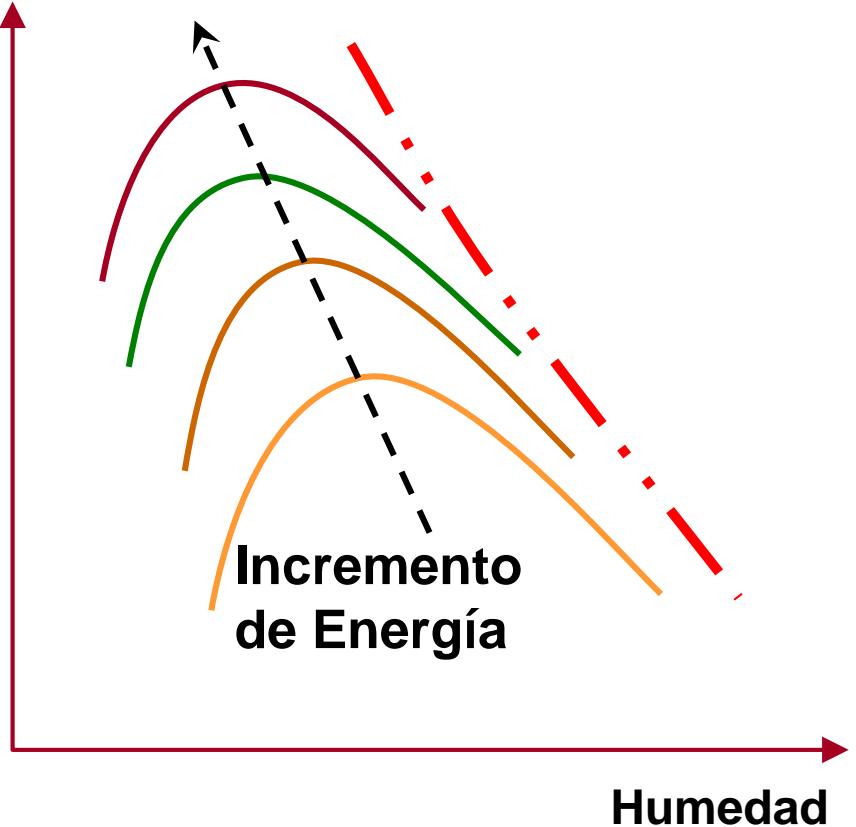


COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio

RESULTADOS

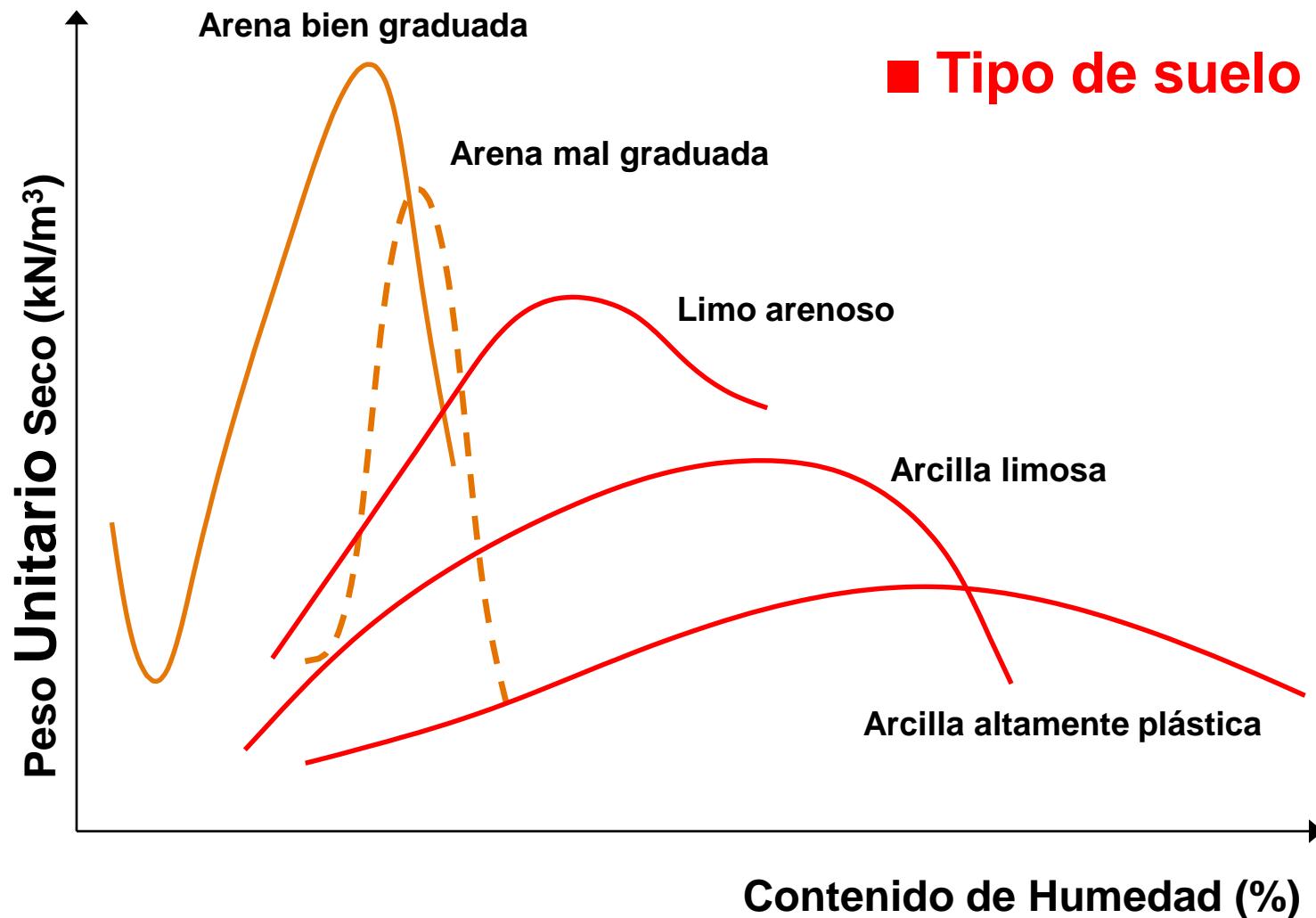
Peso
Unitario





COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio Factores que influyen en la compactación



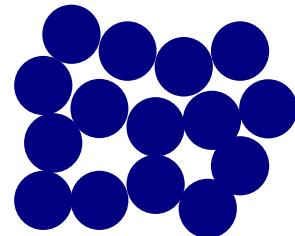


COMPORTAMIENTO

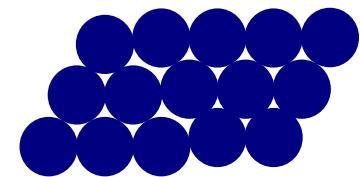
Ensayos de Laboratorio

Factores que influyen en la compactación

Suelo granular



Suelto



Compactado

Suelo cohesivo



Suelto



Compactado



VIBRACIÓN



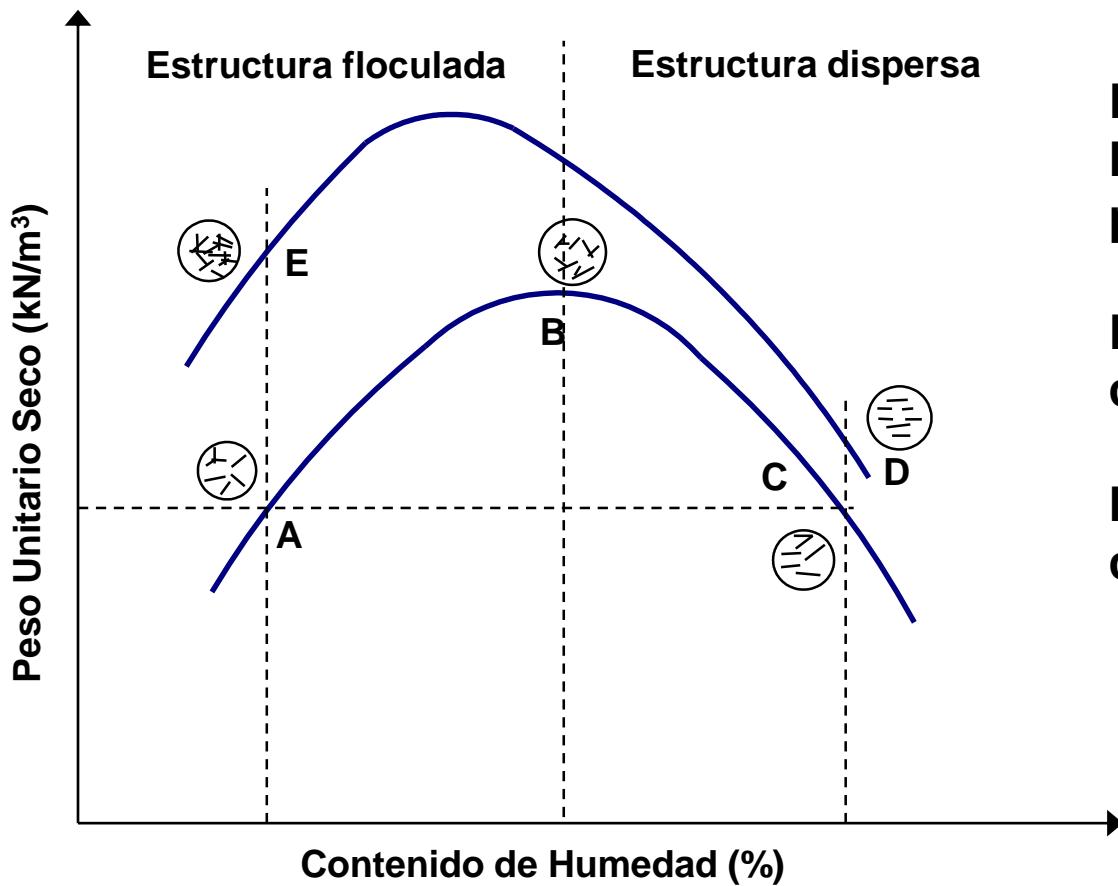
AMASADO
PRESIÓN

■ Tipo de energía de compactación



COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio Estructura del Suelo



El agua funciona como un lubricante entre las partículas de suelo

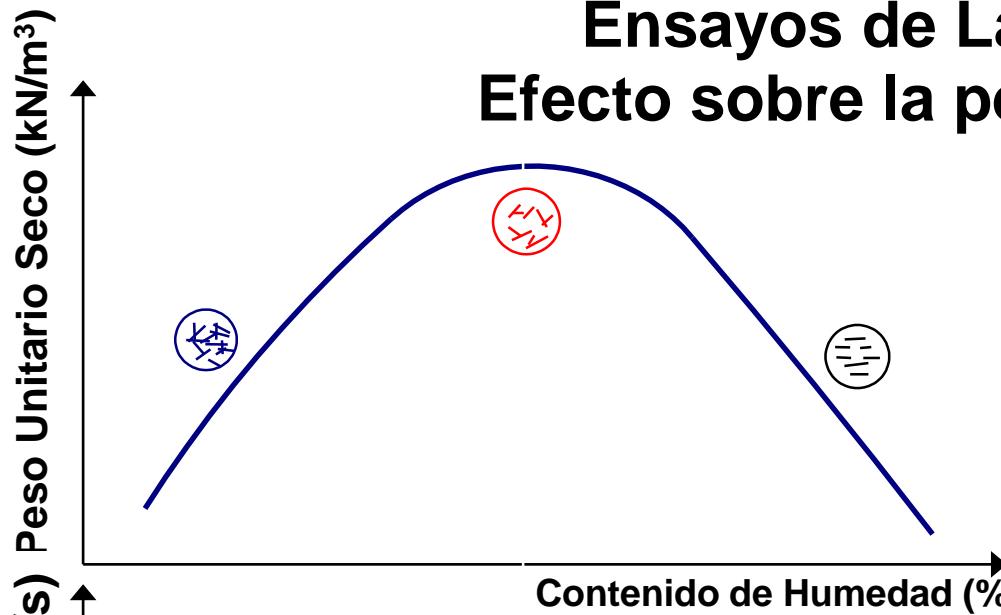
Poca agua facilita la compactación

Mucha agua impide la compactación



COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio Efecto sobre la permeabilidad



La permeabilidad a energía constante decrece hasta alcanzar el contenido óptimo de humedad

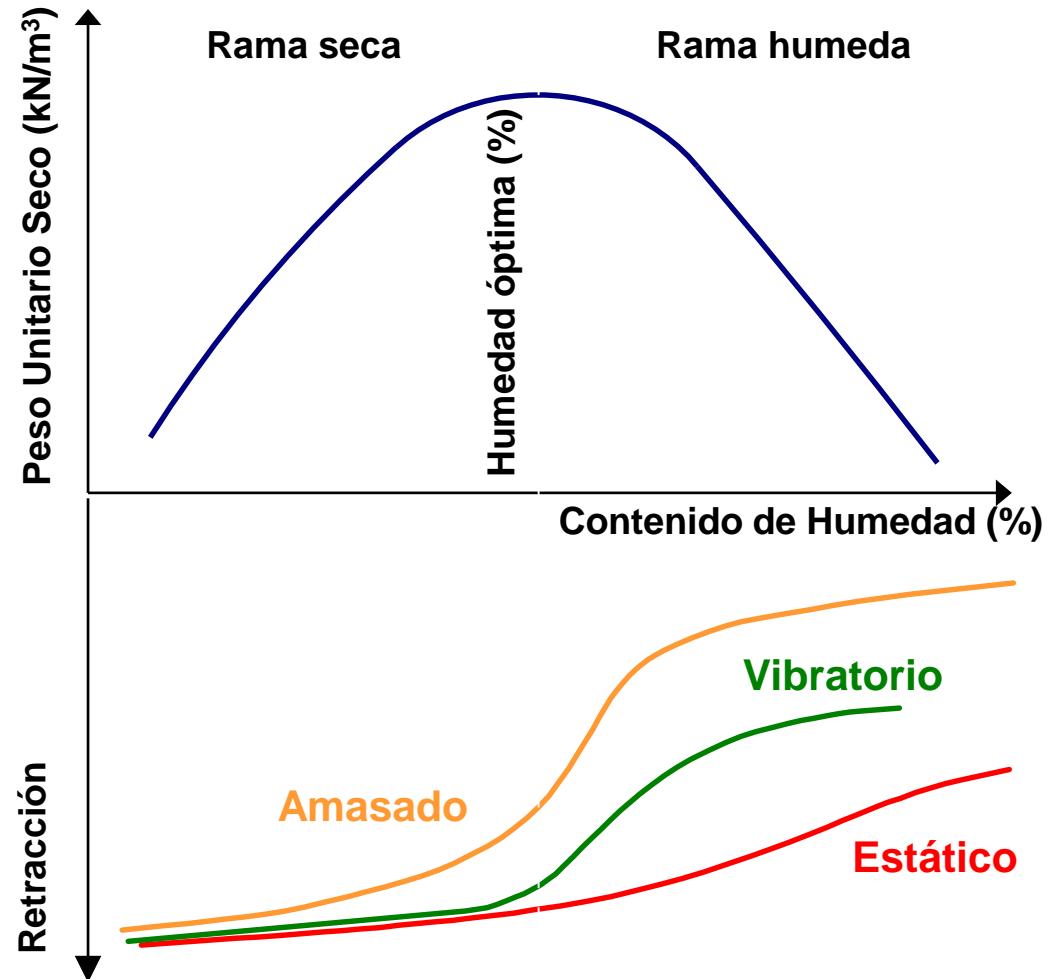
El incremento de la energía de compactación provoca una disminución de la permeabilidad producto de la disminución de la relación de vacíos



COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio

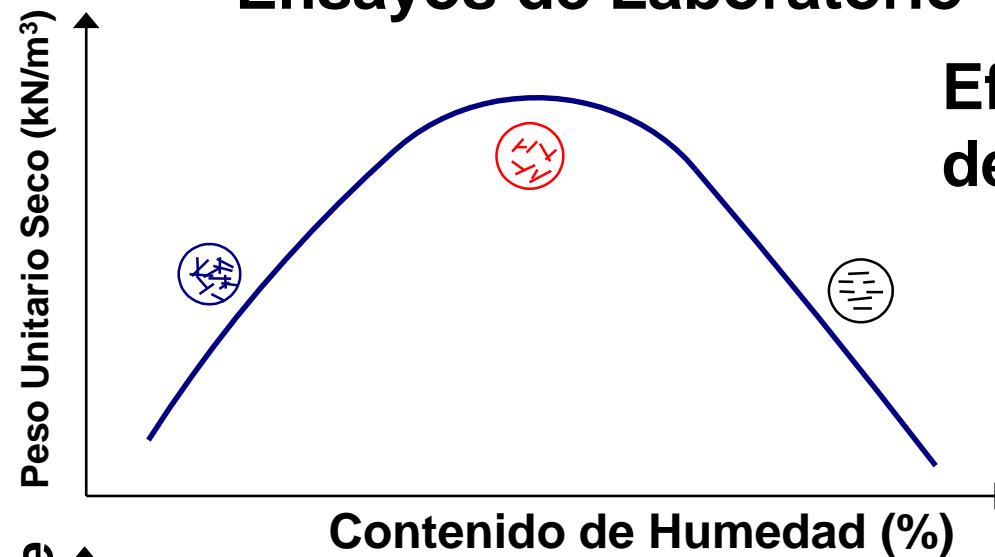
■ Tipo de energía de compactación



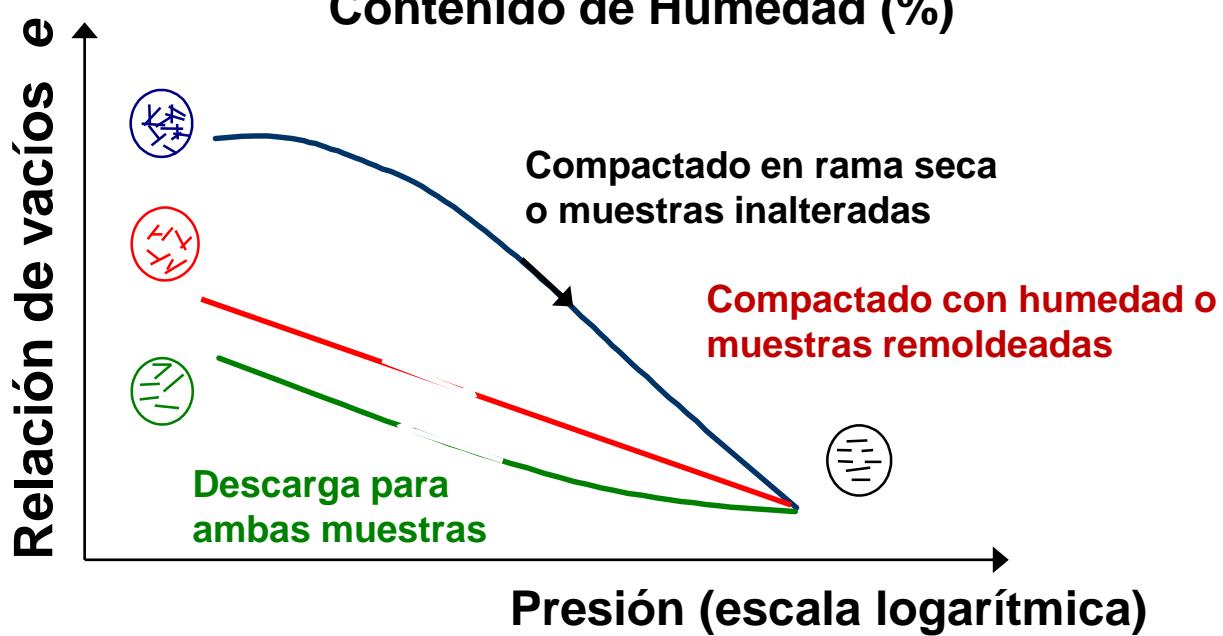


COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio



Efecto sobre la deformabilidad



Descarga para ambas muestras

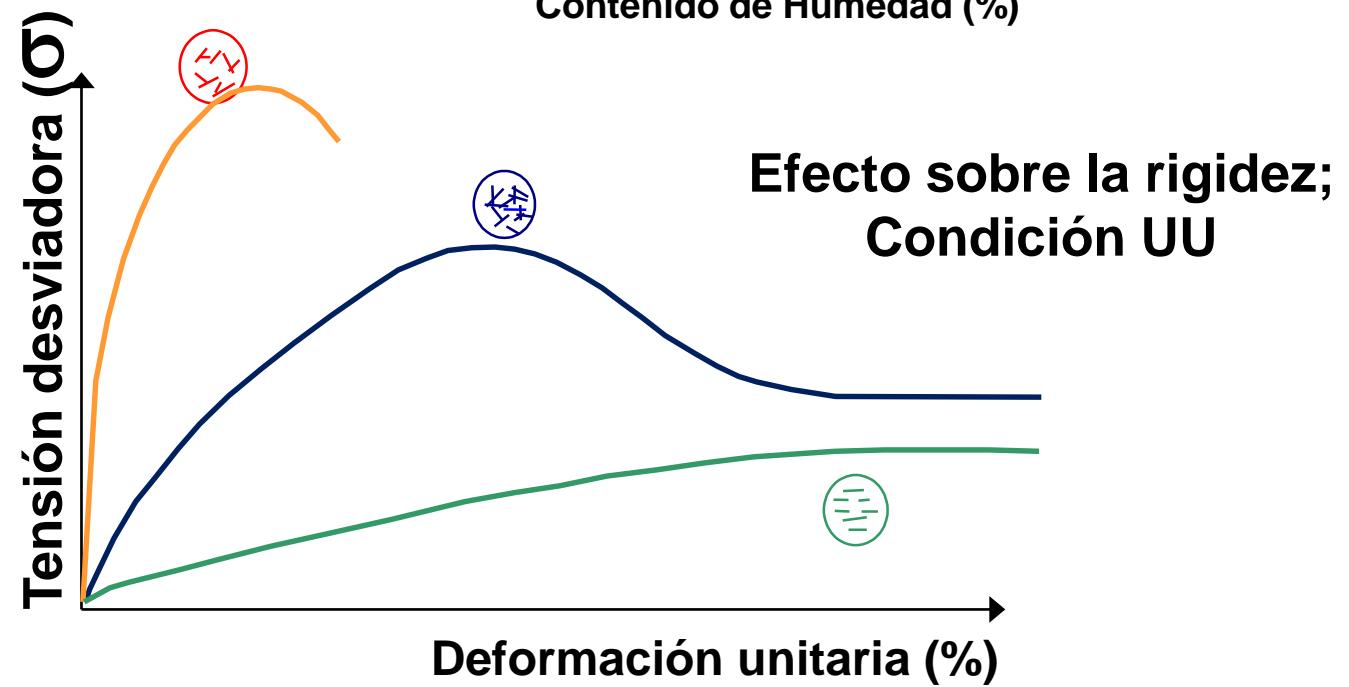
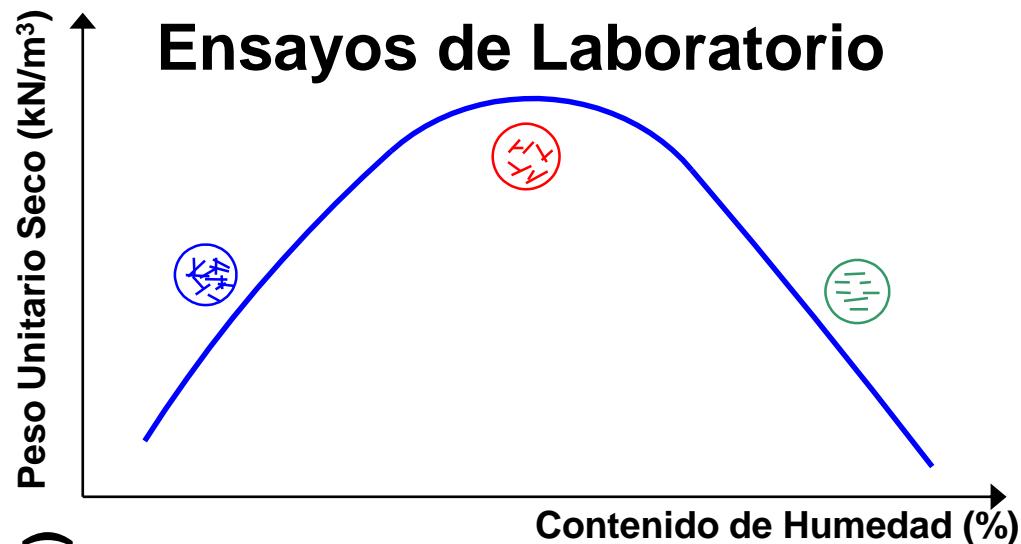
Compactado en rama seca o muestras inalteradas

Compactado con humedad o muestras remoldeadas

Presión (escala logarítmica)



COMPORTAMIENTO





COMPACTACION

COMPACTACION DE SUELOS



COMPORTAMIENTO

Ensayos de Laboratorio Equipos y aplicaciones



Tipo de equipo	Tipo de suelo de aplicación	Método de compactación
Rodillos pata de cabra	Suelos finos, arcillosos	Amasado
Rodillos vibratorios	Suelos granulares, con finos	Vibración
Platos vibratorios	Suelos granulares con finos	Vibración
Rodillos de tambor liso	Suelos granulares	Presión
Rodillos neumáticos	Suelos granulares y finos	Combinan presión y amasado
Martillos o pisones	Limos y Rellenos	Impacto

■ Tipo de energía de compactación



COMPACTACION EN CAMPO

- Rodillo Liso



COMPACTACION EN CAMPO

- Equipo vibratorio





COMPACTACION EN CAMPO

- Equipo vibratorio





COMPACTACION EN CAMPO

- Pata de Cabra





COMPACTACION EN CAMPO

- Rodillo Neumático





COMPACTACION

**CONTROL DE
COMPACTACION
DE SUELOS**



Control de Compactación

Requisitos: $\gamma_{dmáx}$ y $\omega_{ópt}$ de ensayo Proctor

Dificultades:

- Método de compactación en campo \neq Método de compactación en laboratorio
- Proceso de agregado de agua o de secado;

$$W_{campo} \neq W_{ópt}$$

γ_d obtenido en campo difícilmente coincide con $\gamma_{dmáx}$ de laboratorio



Control de Compactación

Grado de compactación

$$R(\%) = \frac{\gamma_{d(campo)}}{\gamma_{dmáx(laboratorio)}} \cdot 100$$

Compacidad relativa

$$Cr = \frac{\gamma_{d(campo)} - \gamma_{d(min)}}{\gamma_{d(max)} - \gamma_{d(min)}} \frac{\gamma_{d(max)}}{\gamma_{d(campo)}}$$

Usualmente se establece R_{min} de aceptación, en función de importancia y tipo de obra (usualmente 95% o 90 %)

Dificultades:

- Inadecuado para arenas uniformes (compacidad relativa)
- No representa estructura y propiedades mecánicas adecuadas
- No permite comparar materiales diferentes.



Control de Compactación

- **Métodos destructivos**
 - Cono de Arena
 - Balón de goma
- **Métodos no destructivos**
 - Densímetro nuclear
 - Densímetro de ultrasonido



Cono de Arena



Cono de Arena





Otros Controles



- Enables reduced structural instability in construction
- In-place QC/QA of the strength gain of stabilized materials
- Data base development supporting Mechanistic-Empirical Design and performance specifications
- Portable, fast, simple, reliable, non-invasive and non-nuclear
- Other compaction applications include lime, cement, flyash and polymer stabilized materials, cement-treated and rehabilitated bases, large particle aggregate bases, as well as underground utility backfill



COMPACTACION

COMPACTACION DINAMICA



COMPACTACION DINAMICA

- Cuando...
 - Existe en superficie o cerca de ella un suelo con bajo nivel de compacidad
- En qué tipo de suelos?
 - Todos: Cohesivos y friccionales
- Como
 - Caída de un peso (2~20 tons) desde una altura variable (6 ~ 30 m)



COMPACTACION DINAMICA

- Profundidad de compactación (D)

$$D = 0.5\sqrt{Wh} \quad \text{SUELOS FRICCIONALES}$$

$$D = 1.0\sqrt{Wh} \quad \text{SUELOS COHESIVOS}$$

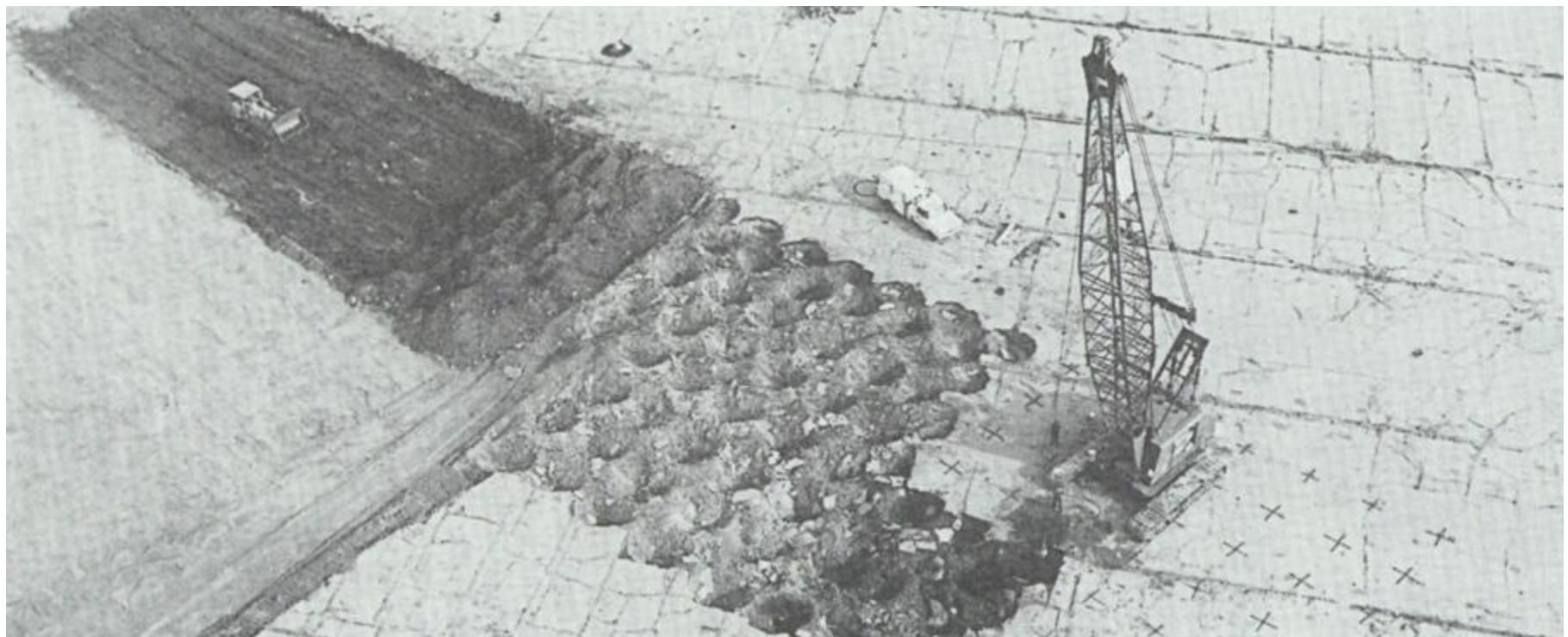
D Profundidad de influencia de la compactación dinámica (m)

W Peso de la masa (tn)

H Altura de caída (m)



COMPACTACION DINAMICA



COMPACTACION DINAMICA

