

# Métodos más sofisticados para compactación de terraplenes

GARCIA SERVIN IRVIN RUBEN

Av. Lázaro Cárdenas s/n, C.U. Zona Sur, Chilpancingo de los Bravo Guerrero.  
7471188510 C.P. 39087 [lr.garcia.fi.s.uagro@gmail.com](mailto:lr.garcia.fi.s.uagro@gmail.com)

DELGADO DE LA TORRE DANIEL

Av. Lázaro Cárdenas s/n, C.U. Zona Sur, Chilpancingo de los Bravo Guerrero.  
7475290564 C.P. 39087 [13702@uagro.mx](mailto:13702@uagro.mx)

CUEVAS SANDOVAL ALFREDO

Av. Lázaro Cárdenas s/n, C.U. Zona Sur, Chilpancingo de los Bravo Guerrero.  
7474727943 C.P. 39087 [08721@uagro.mx](mailto:08721@uagro.mx)

MUÑOZ GARCIA VICTOR HUGO

Av. Lázaro Cárdenas s/n, C.U. Zona Sur, Chilpancingo de los Bravo Guerrero.  
7471609955 C.P. 39087 [13518@hotmail.com](mailto:13518@hotmail.com)

## ABSTRACT

The embankments are built with materials from the same cut or from a material bank, thus forming a structure. The stability of floor tables in their natural state. If such soil tables are excavated and redeposited without special care, their porosity, permeability, and compressibility increase, while their ability to resist internal erosion by water veins greatly decreases. In this way we will see the most sophisticated methods to achieve a good compaction of it, knowing the best compaction procedures to achieve a good compaction without failures. Thus finding the most efficient methods and seeing the work that has been implemented to avoid, at the least possible risk, causing a failure in compaction or leading to a low-quality process in the embankments.

## Resumen

Los terraplenes se construyen con materiales del mismo corte o procedentes de algún banco de materiales formando así una estructura. La estabilidad de mesetas de suelos en su estado natural. Si se excavan tales mesetas de suelos y se re depositan sin tomar un cuidado especial, la porosidad, permeabilidad y compresibilidad de los mismos aumenta, mientras que su capacidad para resistir la erosión interna por efecto de venas de agua disminuye grandemente.

De esta manera veremos los métodos más sofisticados para lograr una buena compactación de esta misma, conociendo los mejores procedimientos de compactación para lograr un buen compactado sin fallas.

Encontrando así los métodos con mayor eficacia y viendo los trabajos que se han ido implementando para evitar en menor riesgo posible a causar alguna falla en el compactado ollevando un proceso de baja calidad a los terraplenes.

## KEYWORDS

Embankments, compacted, floor

## PALABRAS CLAVES

Terraplenes, compactado, suelo.

## Introducción.

La compactación de suelos es el proceso artificial por el cual las partículas de suelo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos, lo cual se traduce en un mejoramiento de sus propiedades. Un buen compactado es necesario en cualquier obra de terraplenes la importancia de suelos estriba en el aumento de la resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter el suelo a técnicas convenientes, que aumentan el peso específico seco, disminuyendo sus vacíos por lo tanto los métodos empleados para la compactación de suelos dependen del tipo de materiales con que se trabaja en cada caso; en los métodos puramente friccionantes como la arena, los métodos vibratorios son los más eficientes, en tanto que los suelos plásticos el procedimiento de carga estática resulta el más ventajoso.

Los fundamentos de la compactación no están perfectamente explicados, sin embargo, se reconoce que el agua juega un papel muy importante, especialmente en suelos finos. Es así como existe un contenido de humedad óptima para suelos finos, para el cual el proceso de compactación dará un peso máximo de suelo por unidad de volumen, es decir, un peso específico seco máximo. Para bajos contenidos de humedad, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre partículas constituyentes del suelo, lo cual tiende a la formación de grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación.

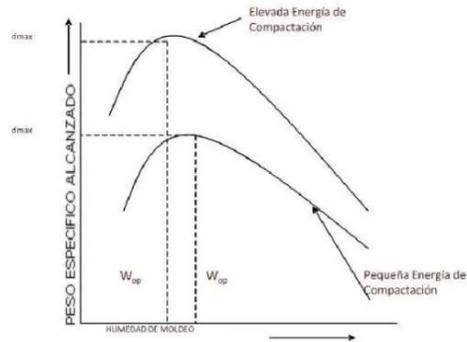


Fig.1- Curva de compactación.

Si el agua es tal que se tienen parte importante de los vacíos llenos de agua, esta dificulta el desplazamiento de las partículas de suelo produciendo una disminución en la eficiencia de la compactación. Por esta razón se habla de una humedad óptima para suelos finos, para el cual el proceso de compactación dará un peso máximo de suelo por unidad de volumen.

## 1.- Descripción de los equipos de trabajo

### ° Descripción

Maquinas, de gran peso, con uno varios rodillos o ruedas cuya función consiste en plantificar y dar la compacidad requerida al material sobre el cual se desplaza.

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados, tener dispositivos para mantenerlos húmedos en caso de ser necesario.

En general, el problema de la compactación es en sí al material a compactar y esta es la razón de la existencia de múltiples y diferentes equipos en el mercado que se diferencian más que en la energía de compactación que suministran, en la forma en que dicha energía es transmitida al terraplén.

### ° Los equipos de compactación se clasifican en dos tipos:

#### - De presión estática

#### **Compactadores de ruedas neumáticas**

Formados por hileras delanteras y traseras de neumáticos lisos, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras. Serán capaz de alcanzar una masa de al menos treinta y cinco toneladas (35 tn) y una carga por rueda de cinco toneladas (5 tn), con una presión de inflado que pueda alcanzar al menos ocho décimas de megapascal (0,8 MPa). Se usarán para la densificación de todo tipo de capas de firme y/o explanadas bien graduadas, ya que durante la compactación se consigue un incremento en el efecto de amasado, resultando una superficie acabada más densa y uniforme.



Fig.2 - Compactadores de ruedas neumáticas

### Compactadores de pata de cabra

Disponen de rodillos cilíndricos de acero a los que se ha dotado de patas de apoyo puntuales distribuidas uniformemente sobre la superficie del cilindro, cuyo efecto de compactación se debe a la alta presión que comunican al terreno. Su uso queda restringido a la compactación de cimientos o núcleos de terraplén de materiales cohesivos sin piedra.



Fig.3 - Compactador de pata de cabra

### -Vibratorios

#### Compactador vibratorio Mono cilíndrico

Está compuesto por un cilindro metálico vibratorio liso (con o sin tracción) que actuará como elemento de compactación y dos neumáticos traseros de tracción. Pueden usarse para la compactación de todo tipo de capas de cemento, núcleo, explanada y firme, teniendo una mejor adaptación a la compactación de suelos no cohesivos, donde el efecto de la vibración posibilita una mejor acomodación de los elementos granulares.



Fig.4 - Compactador vibratorio monocilíndrico

#### Compactador vibratorio bicilíndrico (o tándem)

Está compuesto por dos cilindros metálicos vibratorios lisos (con tracción) que actúan de compactación. Pueden usarse para la densificación de todo tipo de capas de firme y/o explanadas bien graduadas, aunque generalmente son usados para la compactación y el acabado de capas asfálticas.



Fig.5 - Compactador vibratorio bicilíndrico (o tándem)

### ° **Funcionamiento**

Tiene su fundamento en la presencia combinada del peso estático y de una fuerza dinámica generadora de vibración. Utilizan una masa excéntrica que gira dentro de un rodillo liso, produciendo una fuerza centrífuga que se suma al peso de la máquina al producir la correspondiente presión sobre el suelo.

### ° **Características.**

<b>Equipo</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Potencia (CV)</b>	<b>Ancho tambor(mt)</b>
<b>Rueda neumática</b>	7,000 - 20,000	100 – 186	1.70 – 2.22
<b>Vibratorio tándem</b>	1,500 - 12,000	22 - 132	0.88 – 2.14
<b>Neumático</b>	9,000 - 35,000	100 - 130	1.90 – 2.00
<b>Pata de cabra</b>	5,500 - 32,700	60 - 400	1.37 – 3.00

## **2.- Aplicación de los métodos.**

Antes de hacer una aplicación se debe identificar con que suelo se va a trabajar y también es necesario determinar en qué casos es necesario el proceso.

- ° Zanjas para servicios como acueductos, cableados de telefonía o fibra óptica
- ° Subestructuras y capas base en construcciones viales, como cunetas, y los pasos de tubo por estas.
- ° Construcciones de diques y represas.
- ° Cimientos de estructuras.
- ° Rellenos alrededor de edificaciones.
- ° Carreteras y Caminos.

La compactación del suelo es el prensado de las partículas de suelo cercanas entre sí por métodos mecánicos. El aire durante la compactación del suelo es expulsado del espacio vacío en la masa del suelo y por lo tanto la densidad de masa se incrementa.



Fig. 6 - Vista del suelo antes del compactado.

La compactación del suelo se hace para mejorar las propiedades de ingeniería del suelo. Se requiere compactación del suelo para la construcción de presas terrestres, terraplenes de canales, autopistas, pistas de aterrizaje y muchas otras estructuras.

#### ° Indicaciones prácticas.

Una vez extendido el material, y con su humedad correcta, se procede a su compactación. Esta operación debe hacerse de forma ordenada, controlando bien el número de pases y su distribución homogénea. A continuación, exponemos algunas reglas a tener en cuenta. En el caso de zanja terraplenada o zanja inducida en terraplén, debe empezarse dando el primer pase por los bordes del terraplén, y así se consigue después un efecto de "confinamiento que ayuda a la compactación".

Debido a que en todas las máquinas de compactación se consigue mayor eficacia bajo el plano central de la misma que en los laterales, debe darse cierto solape entre cada pase y el contiguo. Con ello se uniformiza la compactación.

Muchas máquinas de compactación pueden trabajar tanto marcha atrás como hacia delante; con ello se evitan maniobras que, además de ocasionar pérdidas de tiempo, levantan la capa superior del terraplén o zanja al arrastrar el material en los virajes.

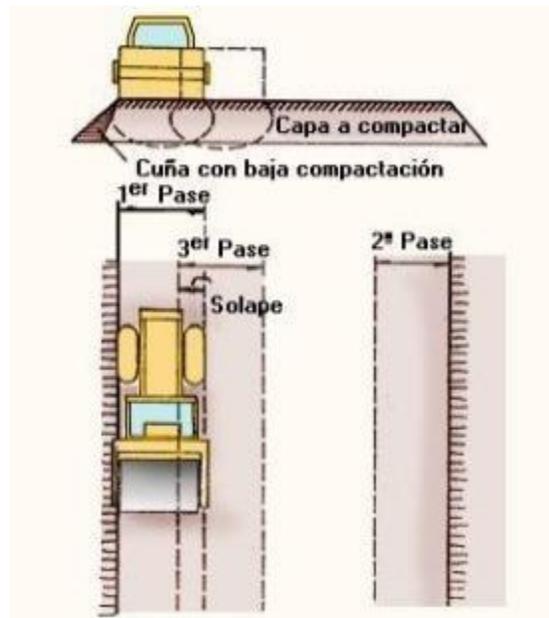


Fig.7 - Orden de los pases sucesivos

A veces es preciso compactar la superficie inclinada de los taludes laterales del terraplén. Para ello se dispone el compactador trabajando en la línea de máxima pendiente, y colgado del cable de un cabrestante montado sobre una grúa o tractor que camine por la coronación del terraplén.

Debe procurarse utilizar un solo tipo de compactador, pues con ello se simplifica mucho el control. Sin embargo, hay casos en que se deben utilizar. Por ejemplo: Para sellar la capa superior al final de cada jornada, cuando se utilizan compactadores de huellas profundas y se teme que pueda llover durante la noche. Para compactar la capa final del terraplén, cuando se empleen compactadores de efecto en profundidad.

En ambos casos pueden utilizarse compactadores de neumáticos o de cilindros lisos para las últimas pasadas.

En el caso de tener arenas muy limpias como relleno de la zanja, es posible conseguir grados de compactación elevados, con un Proctor del orden de 90 al 95, por la simple acción de un vibrador interno. Para ello es conveniente que la arena contenga mucha agua; varios puntos sobre el Proctor óptimo. Se emplean vibradores de aguja análogos a los utilizados para el hormigón. Este procedimiento es muy interesante para rellenos localizados alrededor de las tuberías de drenaje, en cuyas proximidades no pueden trabajar las máquinas corrientes de compactación de terraplenes. En estas aplicaciones hay que asegurarse que la arena quede en un recinto cerrado por el resto de la zanja, de modo que no se pueda perder la arena por arrastres.



Fig. 8 - Compactación de taludes

#### **Cuando al compactar un suelo obtenemos las siguientes ventajas.**

- Se establece un contacto más firme entre partículas
- Las partículas de menor tamaño son forzadas a ocupar los vacíos formados por las de mayor dimensión
- Cuando un suelo está compacto, aumenta su valor soporta y se hace más estable.
- Como las partículas se hallan firmemente adheridas después de la compactación, la masa del suelo será más densa y su volumen de vacíos quedará reducido al mínimo

- Aumenta la capacidad para soportar cargas: Los vacíos producen debilidad del suelo e incapacidad para soportar cargas pesadas. Estando apretadas todas las partículas, el suelo puede soportar cargas mayores debido a que las partículas mismas que soportan mejor.
- Impide el hundimiento del suelo: Si la estructura se construye en el suelo sin afirmar o afirmado con desigualdad, el suelo se hunde dando lugar a que la estructura se deforme (asentamientos diferenciales). Donde el hundimiento es más profundo en un lado o en una esquina, por lo que se producen grietas o un derrumbe total.
- Reduce el escurrimiento del agua: Un suelo compactado reduce la penetración de agua. El agua fluye y el drenaje puede entonces regularse.
- Reduce el esponjamiento y la contracción del suelo: Si hay vacíos, el agua puede penetrar en el suelo y llenar estos vacíos. El resultado sería el esponjamiento del suelo durante la estación de lluvias y la contracción del mismo durante la estación seca.
- Impide los daños de las heladas: El agua se expande y aumenta el volumen al congelarse. Esta acción a menudo causa que el pavimento se hinche, y a la vez, las paredes y losas del piso se agrieten. La compactación reduce estas cavidades de agua en el suelo.



Fig.9 - Compactado terminado

### 3.- Recomendaciones prácticas.

El objetivo de compactar es aumentar la resistencia superficial de un terreno sobre el cual se va a construir una carretera o cualquier obra, en donde se va a aplicar un peso adicional, por medio de la aplicación de una cantidad de energía, para producir una disminución en el volumen, extrayendo así líquidos o aires con el fin de conseguir compactación.

#### ° Normas y recomendaciones.

- El riego de las tongadas extendidas, siempre que sea necesario, se efectuará de forma que el humedecimiento de los materiales sea uniforme, y el contenido óptimo de humedad se obtendrá a la vista de los resultados verificados por el laboratorio de cada caso con el equipo de compactación previsto.
- Si se comienza la compactación por los bordes del terraplén, conseguiremos cierto efecto de “*confinamiento*” que ayuda a la densificación.
- Deben solaparse los pases de compactación, para uniformizarlos, debido a que en el centro de la máquina se consigue mayor eficacia.
- Se deben ejecutar de forma suave los cambios de dirección en la marcha y los virajes, para no arrastrar el material.
- Es bueno dar cierto sobrancho a los terraplenes, ya que los bordes quedan siempre compactados por debajo de lo debido.
- Los bordes de los terraplenes a veces se precisa compactarlos, con lo cual necesitamos de un tractor o grúa que remolque por dicho terraplén al compactador.
- La superficie de las distintas tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria para evacuar las aguas sin peligro de erosión. Esta pendiente normalmente varía entre el 2 y el 4%.
- Si se usa un sólo equipo, se simplifican los controles, pero a veces se utilizan dos tipos, uno de mayor rendimiento, y otro que sella la terminación de cada tongada.
- Si se utilizan equipos vibrantes, las últimas pasadas se realizarán sin aplicar la vibración, con objeto de cerrar las posibles irregularidades de la superficie.
- Es importante la buena nivelación de la superficie a compactar, de otro modo, las zonas deprimidas que no son pisadas por el rodillo quedarán deficientes de compactación.
- Se suspenderán los trabajos de compactación cuando la temperatura ambiente sea inferior a 2°C. Los terrenos congelados no pueden compactarse.
- Sobre las capas en ejecución se prohíbe el tráfico hasta que se complete su compactación. Si ello es imposible, se distribuirá sin concentrar las huellas en la superficie.
- Si el terraplén tuviera que construirse sobre un firme existente, se escarificará y compactará éste para procurar su unión con la tongada inmediata superior. Los productos removidos no aprovechables se llevarán a vertedero.
- Si el periodo de tiempo transcurrido entre el extendido y la compactación es largo, puede producirse la evaporación suficiente para dar como resultado un contenido inadecuado de humedad. El material debe ser compactado inmediatamente para evitar el mayor costo de humectación.
- Al finalizar la jornada no deben dejarse montones de material sin extender ni capas sin compactar, pues si las condiciones atmosféricas son buenas ocurre lo indicado en el párrafo anterior, pero si llueve sobre el material esponjado, a pocos finos que posea, su

- capacidad de retención de agua será grande y quedará la obra impracticable, con el agravante de tener que sacar y tirar dicho material, pues el periodo de tiempo que sería necesario para su oreo nunca lo permitiría la marcha de la obra.
- Los efectos nocivos de la lluvia sobre una tongada compactada con pata de cabra pueden reducirse si, antes de caer el agua sobre ella, se ha planchado con un rodillo lisoestático o vibratorio.
- Una vez se ha extendido el material en tongadas con espesor adecuado y con el grado de humedad determinado, se procede de forma ordenada a compactar, controlando el número de pases y su distribución homogénea.
- Se pueden comentar algunas recomendaciones de *“buena práctica constructiva”* en relación a la compactación.
- Antes de iniciar la construcción de un terraplén o un pedraplén, se eliminará la tierra vegetal y se excavará, si procede, el terreno para asegurar la estabilidad del macizo.
- Cuando se espera lluvia, es importante compactar lo más pronto posible los rellenos de granos finos todavía no compactados, puesto que un material esponjado tiene gran capacidad de retención de agua.
- Para reanudar el trabajo lo antes posible, después de una lluvia, es buena práctica la eliminación con motoniveladora de la fina capa superficial de barrillo (2-3 cm) bajo la que el resto del material aparece poco afectado.
- Con exceso de agua procedente de precipitaciones atmosféricas, puede realizarse la desecación natural mediante oreo. Ahora bien, con terrenos finos limo-arcillosos y humedades próximas al índice plástico, se estabilizan mediante la adición de cal, cenizas volantes, escorias o arenas.

## **Conclusiones.**

El compactado es algo muy importante en una obra civil, una vez se ha realizado la compactación del suelo, independientemente del método que se haya elegido, se debe hacer un control de calidad para asegurar que el resultado obtenido es el adecuado y por tanto se puede edificar. Para llevar a cabo el control de calidad, normalmente se suelen escoger una serie de puntos de manera aleatoria y se analizan las características del suelo en esos puntos. En concreto, se suele determinar los valores del peso específico y de la capacidad portante del suelo de los puntos de estudio, luego se comprueba que los valores sean los adecuados.

Por otro lado, las pruebas más utilizadas para averiguar las propiedades del suelo son el ensayo de compactación de Proctor, el ensayo de carga con placa, y el ensayo de la huella.

Las recomendaciones que debe tener suficiente resistencia para soportar con seguridad su propio peso y el de una estructura o las cargas ejercidas, no debe asentarse o deformarse tanto, por efecto de la carga, que se dañe el suelo o la estructura que soporte, no debe ni retraerse ni expandirse excesivamente. Debe conservar siempre su resistencia e incompresibilidad, tener la permeabilidad apropiada o las características de drenaje para su función.

De esta manera se evitarán daños parciales o totales que se pudiese presentar si no seguimos las recomendaciones para mejorar las condiciones del suelo expansivo previas a la construcción de la obra o en caso de que ya se haya realizado saber cuál línea de acción será la adecuada para solucionar y también así garantizar la seguridad e integridad de la obra civil.

## Referencias.

- Terzagui, Karl (1986) mecánica de suelos. 2da edición.
- Lambe, T. William (1974) mecánica de suelos.
- Internet (variado)
- <http://www.atha.es/>
- <http://www.anter.es/>
- <http://catarina.udlap.mx/>