

Los métodos utilizados para la preparación del terreno para el colado del concreto dependen de la obra; de ahí la importancia de reflexionar al respecto.

Preparación del sitio para el colado

Joe Nasvic

Los tipos de proyectos incluyen cimientos, pisos industriales y comerciales, carreteras y autopistas y otros trabajos exteriores de losas sobre terreno. La secuencia constructiva inicia con la remoción de vegetación, la excavación de áreas altas del terreno, la preparación de la superficie y la colocación del relleno, seguido del colado del concreto. Cada paso completado hará posible continuar con la siguiente fase.

Conocimientos básicos del suelo

El terreno por debajo del concreto debe tener las características técnicas apropiadas para soportar las cargas anticipadas sin experimentar fallas en la capacidad portante o asentamiento excesivo.

Por ejemplo, un cimiento de concreto debe soportar las cargas asociadas con las columnas o los muros portantes sin movimiento o asentamiento más de lo que puede ser tolerado por la estructura del edificio. El terreno por debajo de una losa de un piso industrial debe soportar el peso de los carros montacargas y los materiales almacenados en la losa. Los ingenieros estructurales especifican la carga que el terreno debe soportar para cada aplicación. Luego, los ingenieros geotécnicos toman muestras del suelo en el sitio para determinar si puede satisfacer los requisitos para soportar las cargas. Si no los satisface, existen varias opciones disponibles para mejorar la capacidad de soporte. El suelo puede ser removido y reemplazado con materiales apropiados. Los agregados

Los rodillos de un solo tambor pueden variar en tamaño desde 4.6 hasta 20 toneladas métricas. Hay modelos disponibles en tambores lisos o con configuración de pata de cojinete en el tambor para adecuarse a todos los tipos de suelo.



pueden ser mezclados con el suelo para mejorar la resistencia y la compresibilidad, o pueden colocarse capas de suelo más apropiado por encima de los suelos más débiles para distribuir mejor las cargas aplicadas.

Kevin MacDonald, vicepresidente de servicios de ingeniería de Cemstone, Mendota Heights, Minn., menciona dos tipos principales de suelos: de grano grueso y de grano fino. También están los suelos orgánicos inapropiados para usarse como un material para el lecho del concreto por lo que deben ser removidos (Tabla 1). Los suelos de grano grueso incluyen arena y partículas de agregado más grandes, con tamaños de arena que varían de 0.001 a 0.03 cm de diámetro y agregados de hasta 1 ½ pulg. Los suelos de agregado fino incluyen arcilla y sedimentos. Los tamaños de las partículas de arcilla y sedimentos pueden ser de menos de 0.00001 cm de diámetro. MacDonald agrega que las arcillas y los sedimentos tienen un área superficial más grande que los materiales de grano grueso y pueden ser químicamente activos. Cuando se mezclan agregados de grano grueso con arcilla y sedimentos, la capacidad para soportar cargas puede incrementarse.

Los materiales ideales para compactación y consolidación son los agregados bien graduados, mezclados con arena y sedimentos.

Humedad

El contenido de humedad es vital en el esfuerzo por lograr la máxima densidad. Un suelo seco no se compacta bien. La presión capilar hace que los granos individuales del suelo se adhieran en terrones que no pueden romperse fácilmente o ser compactados a

Tabla 1 Propiedades de los materiales de relleno

Tipo de suelo	Permeabilidad	Capacidad de Soporte	Subrasante	Expansivo	Dificultad de compactación
Grava	Muy alta	Excelente	Excelente	No	Muy fácil
Arena	Mediana	Bueno	Bueno	No	Fácil
Sedimentos	Media baja	Pobre	Pobre	Algo	Algo
Arcilla	Ninguna	Moderado	Pobre	Difícil	Muy difícil
Orgánico	Baja	Muy pobre	No aceptable	Algo	Muy difícil

Arena y grava se consideran agregados gruesos, y sedimentos y arcilla materiales finos granulares. Créditos: **Multiquip**.

una alta densidad. Un suelo muy húmedo tampoco se compacta bien, porque el agua separa las partículas haciendo imposible que se logre la densidad máxima. La compactación máxima es posible cuando está presente justo la cantidad correcta de agua para un peso dado del material.

Antes de empezar un proyecto deben probarse las condiciones del suelo del proyecto para determinar el contenido óptimo de humedad necesario para obtener la densidad máxima. Cada tipo de suelo en el sitio de la obra tiene un contenido particular óptimo de humedad.

Tabla 2 Aplicaciones del equipo

Equipo	Suelos granulares	Arena y arcilla	Arcilla cohesiva	Asfalto
Apisonadores	No recomendado	Se recomiendan pruebas	Mejor aplicación	No recomendado
Placas vibratorias	Mejor aplicación	Se recomiendan pruebas	No recomendado	Mejor aplicación
Placas reversibles	Se recomiendan pruebas	Mejor aplicación	Mejor aplicación	No recomendadas
Rodillos vibratorios	No recomendados	Mejor aplicación	Se recomiendan pruebas	Mejor aplicación
Rodillos Rammox	Se recomiendan pruebas	Mejor aplicación	Mejor aplicación	No recomendados

Los equipos de compactación que mejor trabajan en los diferentes tipos de suelo. Fuente: **Multiquip**.

Compactación

Cuando se determina la cantidad de soporte para una losa, se especifican los tipos de suelo y las densidades que satisfacen los requisitos del proyecto. El uso del equipo de compactación es el siguiente paso para lograr las densidades requeridas. Hay muchos tipos de equipos de compactación. Para suelos de grano fino tales como arcillas y sedimentos, se usan rodillos mezcladores o de neumáticos. Para suelos con granos más gruesos, los rodillos de tambor vibratorios son efectivos. Las compactadoras vibratorias están clasificadas por su frecuencia y amplitud.

Existen varios tipos de compactadoras disponibles, desde pequeñas unidades que se manejan caminando por detrás, hasta máquinas autopropulsadas y con el operador montado en ellas. Tales máquinas compactan por medio de impacto, vibración, o movimiento de mezclado. Diferentes suelos requieren diferentes tipos de equipo (Tabla 2).

Apisonadoras o "Bailarinas"

Estos equipos tienen el aspecto de una máquina montada arriba de una pata de acero rectangular. Trabajan entregando fuerza de alto impacto con frecuencias más pequeñas, usualmente entre 500 y 700 golpes por minuto. Las apisonadoras desarrollan los tres tipos de compactación: impacto, vibración y mezclado. Son perfectas para áreas confinadas. Son muy buenas para densificar suelos de grano fino.

Placas vibratorias reversibles

Usando dos pesos excéntricos opuestos sobre una flecha, hacen una transición suave con un movimiento hacia adelante y uno hacia atrás. También pueden quedar en una posición para incrementar la compactación de lugares blandos. Debido a los pesos duales, la fuerza de compactación es mayor que las placas vibratorias estándar.

Placas vibratorias

Son las compactadoras más populares. Trabajan con baja amplitud y alta frecuencia haciendo girar cargas excéntricas a alta velocidad, transfiriendo la fuerza a una placa plana que viaja en un movimiento hacia adelante a lo largo del terreno. Las frecuencias pueden variar de 2,500 a más de 6,000 vibraciones por minuto. Son adecuadas para compactar suelos granulares.

Compactadoras de rodillo

Hay muchos tipos en el mercado: Las que se manejan caminando por detrás, montándose en ellas, tambores blandos o tambores con cuñas o "patas de cabra" montadas en ellas, vibratorias y no vibratorias. Estas compactadoras logran las más altas tasas de productividad y son mejores para aplicaciones de asfalto y para compactar arena y arcilla.

Tabla 3 Tipo de Materiales & Equipo

Material	Espesor de la capa pulgadas (cm)	Apisonadores vibratorios de pata de cabra (impacto)	Rodillos de rejilla estáticos de pata de cabra, Escrepas (Presión con mezclado)	Compactadora de placa vibratoria, Rodillo vibratorio, de pata de cabra (Vibración)	Escrepa, Rodillo con llantas de hule, Cargador, Rodillo con parrilla (presión con mezclado)
Grava	12 + (30)	Pobre	No	Bueno	Muy bueno
Arena	10 ± (25)	Pobre	No	Excelente	Bueno
Sedimentos	6 ± (15)	Bueno	Bueno	Pobre	Excelente
Arcilla	6 ± (15)	Excelente	Muy bueno	No	Bueno

El espesor máximo de la capa para cada tipo de suelo se compara con cada tipo de equipo de compactación.
Fuente: Multiquip.



Una apisonadora propulsada por gasolina puede compactar tanto el suelo cohesivo como el suelo mixto. Las apisonadoras están diseñadas para usarse en zanjas, alrededor de muros de contención, y para solidificar bases para losas de concreto, carreteras y columnas para puentes.

Con llantas de hule

Usadas para grandes proyectos tales como construcción de carreteras, estas compactadoras consisten de 7 a 11 llantas neumáticas sobre un bastidor con muchos pesos. La compactación se logra por mezclado ejerciendo presión sobre el suelo.

Espesor de la capa

Un error que con frecuencia se hace en la colocación de relleno y compactación tiene que ver con el espesor de cada capa para que ocurra la compactación apropiada. Algunos constructores piensan que pueden compactar cualquier espesor compactando la parte superior de ella. Pero este no es el caso y con el tiempo pueden ocurrir serios problemas. Jim Nichoff, ingeniero en jefe para Professional Service Industries, Thornton, Col., dice que hay capas recomendadas para cada tipo de material y también para cada tipo de compactadora (Tabla 3). "Típicamente el suelo arcilloso debe ser compactado en capas de 20 cm o menos, y el suelo arenoso no debe exceder de 30

cm. Además, los 15 cm de arriba del material deben tener un nivel de compactación más alto que el suelo por debajo de él".

Midiendo la compactación

Existen maneras que han resistido la prueba del tiempo y que los constructores usan para calcular qué tan bien ha sido compactado el suelo. Un método es: usando un camión de volteo de 6 ruedas cargado con agregados o suelo, o usando un camión de premezclado cargado. MacDonald dice que si usted ve que hay grietas en el suelo, "ondas de arcos" enfrente de las llantas, o marcas de ruedas más profundas que 2.5 cm, es necesario un trabajo con mayor grado de estabilización. Agrega que otra manera de estimar el nivel de compactación es hincar un perno de acero en el suelo con un martillo. Si el perno es difícil de hincar, es probable que la compactación sea buena.

La mayoría de las compañías de pruebas frecuentemente utilizan medidores nucleares de densidad para medir la compactación. La prueba es fácil de realizar, toma

aproximadamente 5 minutos para completarse, puede medir aproximadamente 60 cm por debajo de la superficie, y reporta el porcentaje de compactación.

Colocando el concreto

Los contratistas del concreto típicamente son responsables de la capa superior del terreno además de mantener la elevación. Scott Tarr, de Concrete Engineering Specialists, Dover, NH, dice que las marcas de ruedas causadas por las llantas de los camiones de premezclado, equipo de nivelación, y niveladoras láser, pueden ser la causa del agrietamiento de los pisos. "La planicidad de la parte inferior de la losa es importante. Me gusta ver a los contratistas de concreto traer cargadoras guiadas en polines con enrasadoras de caja guiadas por láser en el sitio de la obra, porque pueden arreglar los baches cuando ocurren". Después de volver a nivelar las áreas, deben ser compactadas. Agrega que colocar 7.5 o 10 cm de piso con piedra compactable provee una plataforma de trabajo estable.

Preparación de la superficie

Es fácil echar la culpa al concreto mismo por las fallas. Pero algunos problemas del concreto son resultado de la pobre preparación del suelo y el pobre control del nivel sobre el cual descansa el concreto. Las superficies planas de terreno bien preparadas, compactadas uniformemente a las densidades especificadas, soportan apropiadamente las cargas impuestas en el concreto por encima. **C**

Nota: Este artículo apareció en *Concrete Construction*, de marzo de 2008. www.concreteconstruction.net.