LIBRO: CTR. CONSTRUCCIÓN

TEMA: CAR. Carreteras

PARTE: 1. CONCEPTOS DE OBRA

TÍTULO: 01. Terracerías

CAPÍTULO: 018. Terraplenes Tratados con Cal

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de terraplenes tratados con cal viva o cal hidratada para carreteras de nueva construcción.

B. DEFINICIÓN

Los terraplenes tratados con cal viva (óxido de calcio) o cal hidratada (hidróxido de calcio) son estructuras que se construyen con los materiales compactables producto de cortes o procedentes de bancos a los que se les da un tratamiento químico mediante la adición de cal, con el fin de modificar algunas de sus características físicas, mejorando su comportamiento mecánico o hidráulico, obteniendo así el nivel de subrasante que indique el proyecto o la Secretaría, ampliar la corona, cimentar estructuras, formar bermas y bordos, y tender taludes.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUAL	DESIGNACIÓN
Ejecución de Obras	N·LEG·3
Desmonte	N-CTR-CAR-1-01-001
Despalme	N-CTR-CAR-1-01-002
Escalones de Liga	N-CTR-CAR-1-01-004
Acarreos	N-CTR-CAR-1-01-013
Materiales Tratados con Cal para Terracerías	N-CMT-1-04
Cal para Estabilizaciones	N-CMT-4-03-001
Criterios Estadísticos de Muestreo	M·CAL·1·02

D. MATERIALES

- **D.1.** El material por tratar que se utilice en la construcción de terraplenes, la ampliación de la corona o el tendido de los taludes de terraplenes existentes procederá de los cortes o bancos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.
- **D.2.** La cal que se utilice para el tratamiento de los materiales cumplirá con lo establecido en la Norma N·CMT·4·03·001, *Cal para Estabilizaciones*.
- **D.3.** El material una vez tratado con cal cumplirá con lo establecido en la Norma N·CMT·1·04, *Materiales Tratados con Cal para Terracerías*.

- **D.4.** Cuando sea necesario mezclar dos o más suelos de dos o más procedencias diferentes, se mezclarán con las proporciones necesarias y el procedimiento adecuado para obtener un material uniforme, con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.
- **D.5.** No se aceptará el suministro y utilización de cal que no cumplan con lo indicado en la Fracción D.2. de esta Norma, ni aun en el supuesto de que será mejorada posteriormente en el lugar de su utilización por el Contratista de Obra.
- **D.6.** Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D.3. de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

E. EQUIPO

El equipo que se utilice para la construcción de terraplenes tratados con cal, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

E.1. PLANTA DE MEZCLADO

La planta de mezclado será del tipo amasado o *pugmill*, de tambor rotatorio o bien de mezclado continuo, capaz de producir una mezcla homogénea. Estará equipada con tolvas para almacenar el material por estabilizar; silos o tanques que permitan almacenar la cal y el agua cuando se requiera, protegidos de la lluvia y del polvo; dispositivos para dosificar por masa o por volumen los materiales, la cal y el agua, con aditamentos que permitan un fácil ajuste de la dosificación de la mezcla en cualquier momento; cámara de mezclado provista de rotor con aspas y con aspersores para añadir el agua, con compuerta de descarga al equipo de transporte.

E.2. ESTABILIZADORAS

Las estabilizadoras serán autopropulsadas o de acoplamiento, capaces de mezclar uniformemente el material, la cal y el agua cuando se requiera. Tendrán una cámara o tolva de mezclado, provista de tornillo sinfín o de rotor con aspas y aspersores para añadir el agua necesaria. Contarán con dispositivos de ajuste para controlar el espesor y el ancho de la capa.

E.3. EXTENDEDORA

Las extendedoras serán autopropulsadas, capaces de esparcir y precompactar la capa que se tienda, con el ancho, sección y espesor establecidos en el proyecto, incluyendo los acotamientos y zonas similares. Estarán equipadas con los dispositivos necesarios para un adecuado tendido de la capa, como son: un enrasador o aditamento similar, que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal y proporcionar una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones; una tolva receptora del material con capacidad para asegurar un tendido homogéneo, equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparta el material uniformemente frente al enrasador; y sensores de control automático de niveles.

E.4. MOTOCONFORMADORAS

Las motoconformadoras que se utilicen para el extendido y conformación de terraplenes tratados con cal, serán autopropulsadas, con cuchillas cuya longitud sea mayor de tres coma sesenta y cinco (3,65) metros, y con una distancia entre ejes mayor de cinco coma dieciocho (5,18) metros.

E.5. TRACTORES

De llantas o sobre orugas, reversibles, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

E.6. CARGADORES FRONTALES

Los cargadores frontales serán autopropulsados y reversibles, de llantas o sobre orugas, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

E.7. COMPACTADORES

Los compactadores serán autopropulsados reversibles. Los compactadores vibratorios estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración. Pueden ser de tres (3) rodillos metálicos en dos (2) ejes, o de dos (2) o tres (3) ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de un (1) metro (40 in), en todos los casos. Preferentemente se usarán rodillos tipo pata de cabra.

RASTRA DE DISCOS

La rastra de discos será la adecuada al tractor que se esté usando, cumpliendo con un ancho mínimo de corte de uno coma setenta y cinco (1,75) metros.

E.9. DOSIFICADOR O ESPARCIDOR

Los dosificadores o esparcidores serán utilizados para dosificar y esparcir cal en polvo. Se presentan en modelos de unidades acopladas, montadas en un vehículo, remolques o máquinas autopropulsadas. El recipiente de carga tendrá una capacidad de entre tres (3) y veinte (20) metros cúbicos. Estos equipos tendrán la capacidad de dosificar la cal para mantener un flujo constante durante todo el tramo. Preferentemente se emplearán equipos que tengan la capacidad de programar la dosificación de manera digital para mantener un flujo preciso de cal durante todo el tramo.

E.10. VEHÍCULO CON DESCARGA A VOLTEO

Serán vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la pérdida de material durante su circulación.

E.11. CAMIÓN CISTERNA O PIPA DE AGUA

Podrán ser en modelos de unidades acopladas, montadas en un vehículo, remolgues o máquinas autopropulsadas. Con una capacidad mínima de tres (3) metros cúbicos de agua y equipados con equipo de bombeo, mangueras y aspersores que les permitan realizar riegos de flujo controlado.

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El transporte y almacenamiento del material que se utilice en la construcción del terraplén, así como de la cal para su tratamiento son responsabilidad exclusiva del Contratista de Obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta, en el caso de la cal, lo establecido en las Normas N·CMT·1·04, Materiales Tratados con Cal

SCT 3 de 15

CAR. CARRETERAS

N-CTR-CAR-1-01-018/21

para Terracerías y N·CMT·4·03·001, Cal para Estabilizaciones. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes, considerando lo establecido en la Norma N·CTR·CAR·1·01·013, Acarreos.

G. EJECUCIÓN

G.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Para la construcción de terraplenes se considerará lo señalado en la Cláusula D. de la Norma N·LEG·3, *Ejecución de Obras*.

G.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

No se construirán ni se mezclarán materiales para terraplenes tratados con cal cuando exista amenaza de lluvia, esté lloviendo o cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco (5) grados Celsius, tomada a la sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial. Los trabajos se suspenderán en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas.

G.3. TRABAJOS PREVIOS

G.3.1. Delimitación del terraplén

Se delimitará la zona de desplante del terraplén mediante estacas u otras referencias, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

G.3.2. Desmonte y despalme

G.3.2.1. Previo al inicio de los trabajos, la zona de desplante del terraplén estará debidamente desmontada, considerando lo señalado en la Norma N·CTR·CAR·1·01·001, *Desmonte*. Cuando así lo establezca el proyecto o apruebe la Secretaría, se despalmará de acuerdo con lo señalado en la Norma N·CTR·CAR·1·01·002, *Despalme*.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

G.3.2.2. A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, cuando se encuentre material de calidad inaceptable en el área de desplante del terraplén, siempre que sea posible se tratará con cal para modificar sus propiedades físicas hasta niveles aceptables, de lo contrario, el material será sustituido por otro de mejor calidad, para lo cual se abrirá una caja de la profundidad necesaria como parte del despalme. El proyecto o la Secretaría indicarán si es necesaria la compactación del fondo de la caja, de acuerdo con las características del material. La caja se rellenará con capas compactadas con el material tratado o el material sustituto y la compactación que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

G.3.3. Escalones de liga

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, en la ampliación de la corona o tendido de taludes en los que no se vaya a modificar el ancho de la corona de terraplenes existentes o en trabajos para la elevación de la subrasante, se excavarán escalones de liga conforme a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, considerando lo señalado en la Norma N·CTR·CAR·1·01·004, Escalones de Liga.

G.3.4. Preparación de la superficie

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, antes de iniciar la construcción de los terraplenes tratados con cal, se rellenarán los huecos resultantes de los trabajos de desmonte y despalme con material compactado, asimismo se compactará el

terreno natural o el despalmado, en el área de desplante, en un espesor mínimo de veinte (20) centímetros y a una compactación similar a la del terreno natural.

Si la superficie de desplante está muy seca se hará una humectación inicial con pipa a fin de que no absorba el agua de la capa que se está trabajando.

G.4. MEZCLADO DEL MATERIAL EN PLANTA

El material, la cal y el agua se mezclarán con el proporcionamiento indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría, para producir un material homogéneo.

G.4.1. Suministro de los materiales

El suministro de los materiales se realizará conforme lo establecido en la Cláusula F. de esta Norma, considerando que cuando el material que se utilice en la construcción del terraplén o la cal se suministren en camiones abiertos, estos se transportarán en vehículos adecuados o con cajas cerradas y protegidas con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen.

G.4.2. Mezclado

- **G.4.2.1.** En plantas del tipo pugmill o de tambor rotatorio, la dosificación de los materiales se hará por masa.
- **G.4.2.2.** En mezcladoras de tipo continuo, la dosificación de los materiales podrá hacerse por masa o por volumen.

 SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
- G.4.2.3. La dosificación de los materiales se efectuará conforme a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, mientras que el orden en que se incorporan los materiales, los tiempos y velocidades de mezclado dependerán de las características del equipo empleado, pero siempre garantizando un producto homogéneo donde todos los elementos de la mezcla estén perfectamente integrados.

G.4.3. Transporte al sitio de colocación

Al final del proceso de mezclado, una vez que se hayan incorporado todos los componentes, la mezcla se transportará al sitio de colocación, usando vehículos con descarga a volteo, de forma que no se altere, para que pueda ser extendida y compactada.

G.4.4. Tendido

Con base en factores tales como la topografía, los accesos al sitio de la obra, la capacidad portante del terreno natural y los volúmenes de obra, así como el equipo que se utilice para el tendido, se considerará lo siguiente:

- G.4.4.1. Si el tendido se realiza con extendedora, la descarga del material mezclado se realizará directamente en su tolva para que el material sea extendido en todo el ancho del terraplén, de manera que se obtenga una capa de espesor uniforme. La tolva de descarga de la extendedora permanecerá llena en todo momento, para evitar la segregación de los materiales; si ésta ocurre, el Contratista de Obra remezclará los componentes por su cuenta y costo.
- G.4.4.2. Si el tendido se realiza con motoconformadora, el material acarreado se irá depositando en el lugar indicado, mediante un tiro constante e ininterrumpido en montículos continuos a lo largo o paralelos al eje longitudinal del tramo, en cantidad suficiente para, una vez extendidos, cubrir el área de trabajo con una capa del espesor previsto en el proyecto, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma. Posteriormente el material

será extendido con la motoconformadora hasta formar una capa homogénea de espesor uniforme.

G.5. MEZCLADO DEL MATERIAL EN EL SITIO CON CAL SUMINISTRADA A GRANEL

G.5.1. Aspectos generales

- **G.5.1.1.** El material se descargará sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada por estación de veinte (20) metros, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar.
- **G.5.1.2.** El material y la cal se extenderán en capas sucesivas, con un espesor adecuado para que el equipo empleado sea capaz de realizar un mezclado adecuado de los materiales y cumplir con el grado de compactación indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

G.5.2. Transporte al sitio de colocación y disposición inicial de material

G.5.2.1. El material se acarreará usando vehículos con descarga a volteo que lo irá depositando en el lugar indicado, mediante un tiro constante e ininterrumpido en montículos continuos a lo largo o paralelos al eje longitudinal del tramo, en cantidad suficiente para que una vez extendidos, cubran el área de trabajo con una capa de material que permita obtener el espesor previsto en el proyecto, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.



FIGURA 1.- Disposición inicial de material en el sitio de colocación (vista en planta)

- **G.5.2.2.** Posteriormente el material será extendido usando una motoconformadora hasta formar una capa homogénea de espesor uniforme.
- **G.5.2.3.** Una vez tendido el material se realiza una inspección visual donde se eliminarán las partículas de tamaños mayores al tamaño máximo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

G.5.3. Dosificación de la cal

- **G.5.3.1.** A lo largo del tramo y mediante el empleo de una dosificadora, se tenderá sobre el material la cal, de manera homogénea y en la proporción indicada en el proyecto o aprobada por la Secretaría.
- **G.5.3.2.** La cal se dosificará distribuyéndola de manera uniforme en la superficie del material por estabilizar, considerando la dosificación en kilogramos de cal por metro cuadrado de acuerdo con el porcentaje de cal indicado en el proyecto y el espesor de la capa que se esté trabajando.
- G.5.3.3. Para materiales muy húmedos o difíciles de disgregar se recomienda realizar la adición de cal en dos etapas, una que inicie con el desmenuzamiento y desecación inicial del material y otro de ajuste final. Al menos que el proyecto indique otra cosa o así lo

apruebe la Secretaría, el empleo del cincuenta (50) porciento de la cal necesaria será suficiente en la primera etapa para conseguir este efecto.

G.5.4. Mezclado del material con estabilizadora

El material, la cal y el agua se mezclarán con el proporcionamiento indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría para producir un material homogéneo. Durante el mezclado y conformado, el material se preparará para alcanzar el contenido de agua de compactación que indique el proyecto o apruebe la Secretaría, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el aqua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente, tomando en cuenta lo siguiente:

- **G.5.4.1.** Conforme avance la estabilizadora, se incorporará la cal y el agua al material tendido, revolviéndolo y disgregándolo hasta obtener una mezcla homogénea que se distribuirá uniformemente sobre la superficie.
- G.5.4.2. Si la estabilizadora no tiene la capacidad de procesar todo el espesor del material tendido, el material, la cal y el agua se mezclarán y extenderán en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de mezclar.

G.5.5. Mezclado del material con motoconformadora

El material, la cal y el agua se mezclarán con el proporcionamiento indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría, para producir un material homogéneo. Durante el mezclado y conformado el material se preparará de manera que el contenido de agua de compactación sea el que indique el proyecto o apruebe la Secretaría, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el aqua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente.

G.5.5.1. El procedimiento de mezclado consistirá en la formación de dos montículos de material dividiendo el montículo como fue suministrado en el sitio, desde el centro hacia cada uno de los extremos, como se muestra en la Figura 2 de esta Norma.

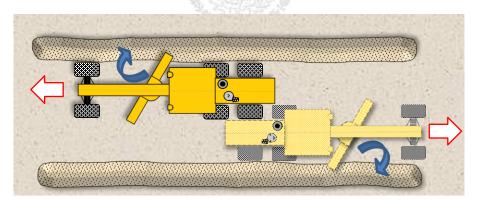


FIGURA 2.- Formación de dos montículos laterales

- G.5.5.2. Una vez conformados estos dos montículos, se integrará nuevamente un solo montículo al centro de la sección como se muestra en la Figura 3 de este Manual.
- **G.5.5.3.** Durante esta operación se adicionará el aqua necesaria mediante una pipa para hacer reaccionar la cal con el material.
- G.5.5.4. Se repetirán los pasos descritos en este Inciso hasta tener una mezcla homogénea donde no sean observables grumos de cal o terrones grandes de suelo.

SCT 7 de 15

CAR. CARRETERAS

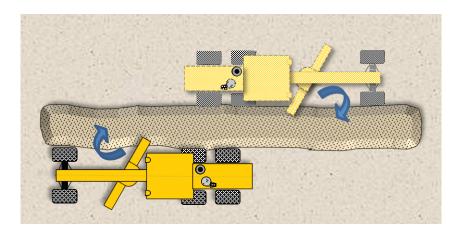


FIGURA 3.- Formación de un montículo central

G.5.6. Mezclado con tractor y rastra de discos

Durante el mezclado y conformado el material se preparará de manera que cumpla con el contenido de agua de compactación que indique el proyecto o apruebe la Secretaría y sea homogéneo, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente. Además, se considerará lo siguiente:

- **G.5.6.1.** El mezclado se realizará moviendo e incorporando el material y la cal mediante los discos de la rastra, de un lado a otro en pasadas sucesivas hasta observar una mezcla homogénea libre de grumos de cal y terrones de suelo, como se ilustra en la Figura 4 de esta Norma.
- **G.5.6.2.** Durante esta operación se adicionará, entre pasadas del tractor, el agua necesaria para hacer reaccionar la cal con el material.

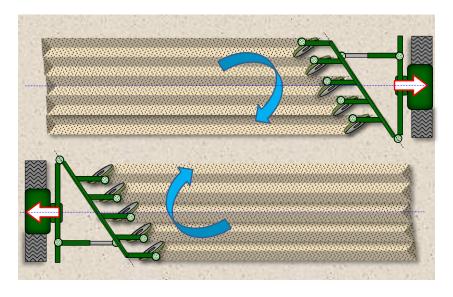


FIGURA 4.- Mezclado en el lugar con tractor y rastra de discos

G.6. MATERIAL MEZCLADO EN EL SITIO CON CAL ENVASADA

G.6.1. Aspectos generales

- **G.6.1.1.** El material se descargará sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada por estación de veinte (20) metros, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar.
- **G.6.1.2.** El material y la cal se extenderán en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de realizar un mezclado adecuado de los materiales o su compactación al grado indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

G.6.2. Transporte al sitio de colocación y disposición inicial del material

En caso de que la cal se vaya a suministrar envasada en super-sacos, el material se acarreará usando vehículos con descarga a volteo que lo irá depositando en el lugar indicado, mediante un tiro constante e ininterrumpido en montículos continuos a lo largo o paralelos al eje longitudinal del tramo, en cantidad suficiente para, una vez extendidos, cubrir el área de trabajo con una capa del espesor previsto en el proyecto, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

G.6.3. Dosificación de la cal

G.6.3.1. Los súper-sacos que contienen la cal se depositarán a un costado de los montículos garantizando que su cantidad una vez extendida sea tal que se cumplirá la proporción indicada en el proyecto o aprobada por la Secretaría, como se muestra en las Figura 5 de esta Norma.

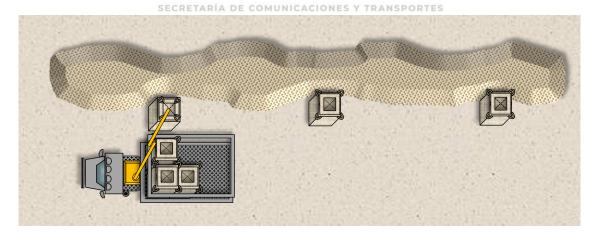


FIGURA 5.- Manejo de la cal en campo cuando es suministrada en super-sacos

- **G.6.3.2.** Se verificará que al descargar los súper-sacos del vehículo que los transporta estos no se rompan o rasguen.
- **G.6.3.3.** Los súper-sacos se sujetarán de las asas dispuestas para tal fin y se levantarán, vaciando su contenido a través de su válvula de descarga situada en su parte inferior mediante un movimiento que le permitirá dispersar la cal de forma constante y homogénea sobre el material, como se muestra en la Figura 6.

G.6.4. Mezclado

El mezclado del material se realizará con motoconformadora como se indica en el Inciso G.5.5. de esta Norma. Durante el mezclado y conformado, el material se preparará para alcanzar el contenido de agua de compactación que indique el proyecto o apruebe la Secretaría, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente.

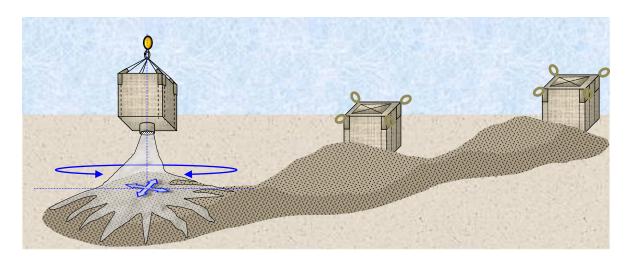


FIGURA 6.- Dosificación de la cal en campo

G.7. TENDIDO Y CONFORMACIÓN

- G.7.1. Para el cuerpo del terraplén, la capa subyacente y la capa subrasante, el material tratado con cal se extenderá en todo el ancho del terraplén, en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría y se conformará de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme.
- **G.7.2.** Si el mezclado se hace en el lugar con estabilizadora, motoconformadora o con tractor y rastra de disco, la mezcla una vez tendida, se conformará mediante motoconformadora como se indica en el Inciso G.5.5. de esta Norma para luego ser compactada.
- **G.7.3.** Si la mezcla es elaborada en planta, se extenderá en todo el ancho del terraplén empleando una extendedora o una motoconformadora como se indica en el Inciso G.4.4. de esta Norma, de manera que se obtenga una capa de espesor uniforme.
- **G.7.4.** Siempre que la topografía del terreno lo permita el material se extenderá en capas sucesivas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
- G.7.5. Si así lo indica el proyecto o aprueba la Secretaría, cuando la topografía del terreno presente lugares inaccesibles donde no sea posible la construcción por capas utilizando equipo mayor, dichos lugares se rellenarán a volteo para formar una plantilla en la que se pueda operar el equipo, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante. El nivel de la plantilla será el que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.
- **G.7.6.** Cuando el nivel de desplante coincida sensiblemente con el nivel freático, se evitará desplantar el terraplén directamente sobre la superficie saturada, procediendo al abatimiento del nivel freático o a colocar una primera capa a volteo de espesor suficiente para que soporte al equipo, según lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría.
- G.7.7. Cuando el proyecto o la Secretaría indiquen que se asegure la compactación de los hombros de los terraplenes tratados con cal, estos se construirán con una sección más ancha que la teórica de proyecto, respetando la inclinación de los taludes señalada en el proyecto, como se muestra en la Figura 7 de esta Norma, obteniéndose así los sobreanchos laterales, con las dimensiones indicadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, en los cuales la compactación podrá ser menor que la fijada.

- G.7.8. A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, como parte final del terraplén se construirán la capa subyacente y, por último, la capa subrasante, como se muestra en la Figura 7 de esta Norma, con los espesores, materiales y grados de compactación que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.
- G.7.9. Cuando el proyecto o la Secretaría indiquen que la construcción de la capa subrasante se ejecute directamente bajo el nivel del piso de un corte y los materiales en ese sitio satisfacen las características establecidas como se indica en la Fracción D.1. de esta Norma, dicha capa se formará sin necesidad de una excavación adicional, escarificando y compactando la cama del corte, con el espesor y grado de compactación que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.
- G.7.10. Para la ampliación de las coronas o el tendido de los taludes de terraplenes existentes y previamente excavados los escalones de liga en los taludes, de acuerdo con lo indicado en la Norma N·CTR·CAR·1·01·004, Escalones de Liga, el material se extenderá en todo el ancho de la ampliación y se conformará como se indica en el Inciso G.7.1. de esta Norma.

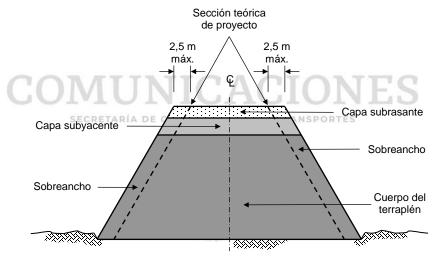


FIGURA 7.- Sección transversal de un terraplén

G.7.11. Cuando el proyecto o la Secretaría indiquen que se ejecute una excavación adicional abajo del nivel del piso de un corte, para alojar la capa subrasante, ésta se formará extendiendo el material en todo el ancho de la excavación y conformándolo como se indica en el Inciso G.7.1. de esta Norma.

G.8. COMPACTACIÓN

- **G.8.1.** En caso de ser necesario, mediante una pipa se añadirá agua de manera paulatina hasta el contenido de agua óptimo, y en caso de usar óxido de calcio éste podrá exceder hasta en un tres (3) por ciento más.
- G.8.2. El material extendido y mezclado con la cal se compactará por capas, hasta alcanzar el grado indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
- G.8.3. La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

SCT 11 de 15

G.9. MADURACIÓN DEL MATERIAL TRATADO Y CURADO

- **G.9.1.** Una vez concluidos los trabajos de compactación se dejará reposar el material por unas horas, para efecto de su maduración, que en caso de haber empleado óxido de calcio será de doce (12) horas mientras que para el hidróxido de calcio será de cuatro (4) horas. Una vez transcurrido ese tiempo, se comenzará con el curado.
- **G.9.2.** El curado consistirá en mantener al material tratado y compactado bajo condiciones de humedad constante a fin de permitir que la cal desarrolle las reacciones químicas que se requieren para obtener su máximo desempeño. El curado se llevará a cabo de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría, y considerará lo siguiente:
 - G.9.2.1. El curado consistirá en aplicar riegos ligeros de agua durante el día en cantidad suficiente para humedecer el material sin llegar al punto de saturación o la formación de charcos superficiales. La forma más común de realizar el curado es mediante camiones cisterna o pipas de agua equipados con equipo de bombeo, mangueras y aspersores que rieguen el agua de manera uniforme y controlada.
 - **G.9.2.2.** El tiempo de curado dependerá de las condiciones ambientales atmosféricas del sitio y del tipo de material, pero en ningún caso será menor de tres (3) días.
 - **G.9.2.3.** Durante el periodo de curado, se tendrá cuidado de evitar el paso de vehículos sobre el terraplén tratado.
 - G.9.2.4. Cuando por cuestiones extraordinarias se requiera abrir el camino a la circulación al tercer día de iniciado el curado sin que el periodo indicado en el Párrafo G.9.2.2. de esta Norma haya concluido, se podrá aplicar un riego de emulsión asfáltica que servirá como membrana de curado y protegerá la superficie del material tratado ante el paso del tránsito y la pérdida de humedad.

G.10. CONSERVACIÓN DE LOS TRABAJOS

Es responsabilidad del Contratista de Obra la conservación del terraplén tratado con cal, hasta que haya sido recibido por la Secretaría, junto con todo el tramo de carretera.

H. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que los terraplenes tratados con cal se consideren terminados y sean aceptados por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el Contratista de Obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue necesario, se comprobará:

H.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES

- **H.1.1.** Que la cal empleada, así como los materiales del terraplén tratados con cal, cumplan con las características establecidas como se indica en las Fracciones D.2. y D.3. de esta Norma.
- H.1.2. Que, en su caso, los materiales tratados hayan sido mezclados conforme al proporcionamiento indicado en el proyecto, como se indica en las Fracciónes G.4., G.5. ó G.6. de esta Norma. Esta verificación se hará mediante el procedimiento que, en cada caso, establezca el proyecto.

H.2. LÍNEAS Y NIVELES

Que los alineamientos, perfiles y secciones del cuerpo del terraplén tratado con cal, cumpla con lo establecido en el proyecto, con las tolerancias que se indican en la Tabla 1 de esta Norma, para lo que se hará el seccionamiento topográfico en las estaciones cerradas a cada veinte (20) metros y en estaciones singulares como las de inicio y término de curvas, entre otras.

TABLA 1.- Tolerancias para líneas y niveles

Unidades en cm

Característica	Tolerancia
Línea de proyecto de los taludes	+ 30
Nivel de la superficie en cada punto nivelado, respecto al	
de proyecto:	
En cuerpo de terraplén	± 5
En capa subyacente	± 5
En capa subrasante	± 3

H.3. COMPACTACIÓN

- H.3.1. Que la compactación del cuerpo del terraplén tratado con cal, determinada para cada capa tendida y compactada, en calas ubicadas al azar mediante un procedimiento basado en tablas de números aleatorios, conforme a lo indicado en el Manual M·CAL·1·02, Criterios Estadísticos de Muestreo, cumpla con lo establecido en el proyecto o lo aprobado por la Secretaría.
- H.3.2. El número de calas por realizar se determinará aplicando la siguiente fórmula:



- Número de calas por realizar en cada capa tendida y compactada, con aproximación a la unidad superior
- L = Longitud de la capa tendida y compactada en un día de trabajo, (m)
- **H.3.3.** Todos los grados de compactación que se determinen en las calas, para ser aceptados, estarán dentro de las tolerancias que fije el proyecto o apruebe la Secretaría.
- **H.3.4.** Tan pronto se concluya la verificación, se rellenarán los huecos con el mismo material usado en la capa compactada y tratando de restituir el grado de compactación original.

I. MEDICIÓN

Cuando la construcción de terraplenes tratados con cal se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo señalado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirá según lo señalado en la Cláusula E. de la Norma N·LEG·3, *Ejecución de Obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando en cuenta lo siguiente:

- I.1. La cal que se utilice en la construcción del terraplén tratado con cal se medirá tomando como unidad la tonelada, con aproximación al centésimo, tomando como base las cantidades indicadas en el proyecto, con las modificaciones autorizadas por la Secretaría.
- L2. Cuando la construcción de terraplenes tratados con cal se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo señalado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirá según lo señalado en la Cláusula E. de la Norma N·LEG·3, Ejecución de Obras, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, mediante seccionamiento y siguiendo el método de promedio de áreas extremas, y al término de la obra se harán los ajustes necesarios para pagar los volúmenes considerados en proyecto, con las modificaciones aprobadas por la Secretaría. La medición se hará tomando como unidad el metro cúbico de terraplén tratado con cal terminado, con aproximación a la unidad, para:

- **I.2.1.** El cuerpo de terraplén, la ampliación de la corona o el tendido de los taludes de terraplenes existentes, la capa subyacente, la capa subrasante y la elevación de la subrasante, utilizando materiales compactables procedentes de cortes, para cada grado de compactación.
- **I.2.2.** El cuerpo de terraplén, la ampliación de la corona o el tendido de los taludes de terraplenes existentes, la capa subyacente, la capa subrasante y la elevación de la subrasante, utilizando materiales compactables procedentes de bancos, para cada grado de compactación y cada banco en particular.

J. BASE DE PAGO

Cuando la construcción de terraplenes tratados con cal se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I. de esta Norma, se pagará de la siguiente manera:

- **J.1.** La cal se pagará al precio fijado en el contrato para la tonelada. Estos precios unitarios, conforme con lo indicado en la Cláusula F. de la Norma N·LEG·3, *Ejecución de Obras*, incluyen lo que corresponda por:
 - Valor de adquisición de la cal.
 - Limpieza del tanque o vehículo en que se transporte; movimientos en la planta de producción y en el lugar de destino; todas las cargas al equipo de transporte y descargas que sean necesarias, transporte al lugar de almacenamiento y de éste al lugar de utilización.
 - · Cargo por almacenamiento.
 - Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y las descargas.
- J.2. El cuerpo de terraplén, la ampliación de la corona o el tendido de los taludes de terraplenes existentes, la capa subyacente, la capa subrasante y la elevación de la subrasante, utilizando materiales compactables procedentes de cortes, para cada grado de compactación. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F. de la Norma N·LEG·3, Ejecución de Obras, incluyen lo que corresponda por:
 - Disgregado y marreo del material.
 - Pepena y eliminación de las partículas de tamaños mayores al máximo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, cuando el material se utilice para las capas subyacente y subrasante.
 - Cargas del material en los cortes al equipo de transporte, acarreo al lugar de tendido y descarga.
 - Cargas en los almacenamientos de los materiales al equipo de transporte y descarga en el lugar de utilización.
 - Permisos de explotación de bancos de agua; extracción, carga, acarreo al lugar de utilización, aplicación e incorporación del agua.
 - Preparación de la superficie de desplante, incluyendo el relleno de huecos y la compactación del terreno natural o el despalmado.
 - En su caso, instalación, alimentación y desmantelamiento de las plantas.
 - En su caso, operaciones para quitar el agua excedente al contenido de agua de compactación establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
 - Operaciones de mezclado, tendido, conformación y compactación al grado fijado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
 - Afinamiento para dar el acabado superficial.
 - Curado que requiera el material tratado una vez compactado, incluyendo los materiales o productos necesarios para ello.

- Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de los materiales, durante las cargas y las descargas.
- La conservación del terraplén hasta que sea recibido por la Secretaría.
- Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.
- El cuerpo de terraplén, la ampliación de la corona o el tendido de los taludes de terraplenes existentes, la capa subyacente, la capa subrasante y la elevación de la subrasante, utilizando materiales compactables procedentes de bancos, para cada grado de compactación y cada banco en particular. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F. de la Norma N·LEG·3, *Ejecución de Obras*, incluyen lo que corresponda por:
 - Desmonte y despalme de los bancos; extracción del material aprovechable y del desperdicio, cualesquiera que sean sus clasificaciones; disgregado y marreo del material; pepena y eliminación de las partículas de tamaños mayores al máximo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, cuando el material se utilice para la capa subyacente o subrasante; separación y recolección de los desperdicios; cargas, descargas y todos los acarreos locales necesarios para los materiales aprovechables así como de los desperdicios y formación de los almacenamientos.
 - Cargas del material en los almacenamientos al equipo de transporte, acarreo al lugar de tendido y descarga.
 - Cargas en los almacenamientos de los materiales al equipo de transporte y descarga en el lugar de utilización.
 - Permisos de explotación de bancos de agua; extracción, carga, acarreo al lugar de utilización, aplicación e incorporación del agua.
 - Preparación de la superficie de desplante, incluyendo el relleno de huecos y la compactación del terreno natural o el despalmado.
 - En su caso, instalación, alimentación y desmantelamiento de las plantas.
 - En su caso, operaciones para quitar el agua excedente al contenido de agua de compactación establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
 - Operaciones de mezclado, tendido, conformación y compactación al grado fijado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
 - Afinamiento para dar el acabado superficial.
 - Curado que requiera el material tratado una vez compactado, incluyendo los materiales o productos necesarios para ello.
 - Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de los materiales, durante las cargas y las descargas.
 - La conservación del terraplén hasta que sea recibido por la Secretaría.
 - Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

K. ESTIMACIÓN Y PAGO

La estimación y pago de los terraplenes tratados con cal, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G. de la Norma N·LEG·3, Ejecución de Obras.

RECEPCIÓN DE LA OBRA

Una vez concluida la construcción del terraplén tratado con cal, la Secretaría lo aprobará y al término de la obra, cuando la carretera sea operable, lo recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H. de la Norma N·LEG·3, Ejecución de Obras, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I. de la misma Norma.

SCT 15 de 15

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES





SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Dirección General de Servicios Técnicos Av. Coyoacán 1895 Col. Acacias, Benito Juárez, 03240 Ciudad de México www.gob.mx/sct INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", San Fandila, Pedro Escobedo, 76703, Querétaro https://normas.imt.mx normas@imt.mx