

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

XX: 2007

---

**CARRETERAS.  
TERRAPLENES, ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS  
CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS**

**Road.  
Embankment, Construction Specifications,  
Good Practice Code**

---

ICS: 01.120

2. Edición      XXXX 2007  
**REPRODUCCIÓN PROHIBIDA**

Oficina Nacional de Normalización Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.  
Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048 Correo electrónico: nc@ncnorma.cu



**Cuban National Bureau of Standards**

Documento para su difusión en [www.construaprende.com](http://www.construaprende.com) por el Profesor Dr. Pedro Andres Orta Amaro



**NC XX: 2007**

## **Prefacio**

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

### **Esta Norma Cubana:**

- Ha sido elaborada por el CTN 21: Carreteras, en el que están representadas las instituciones siguientes:
  - Ministerio de la Construcción
  - Ministerio del Transporte
  - Poder Popular
  - Instituto Superior Politécnico “José A. Echevarría”
  - Universidad Central de Las Villas
  - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
  - Oficina Nacional de Normalización
  
- Sustituye a las NC: 52 – 42: 1978. Terraplenes. Especificaciones Constructivas y a la NC 052-016.78 Movimiento de Tierra. Excavación para Explanaciones

**© NC, 2007**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba**

## Introducción

Este documento se elabora con el fin de actualizar la normativa referente a las especificaciones técnicas necesarias a cumplimentar para la construcción de terraplenes de las obras viales, la necesidad de incorporarle y ampliarle los términos, definiciones y procedimientos para asegurar su construcción con calidad. Al desarrollarse la revisión de los documentos normativos internacionales y los existentes en las instituciones del país, se encontraron para esta actividad solamente especificaciones técnicas generales, las cuales se mencionan en la bibliografía, las que hacen referencia a normas de ensayos. Se incluyeron en este documento los resultados prácticos obtenidos en la ejecución de estos trabajos, tanto a nivel nacional como a nivel internacional en países con características similares a las nuestras, así como los resultados de algunas investigaciones hechas en tesis doctorales.

Los cambios fundamentales que se introducen a las norma anteriormente vigentes son:

- ✓ Se modifican sus contenidos, aumentándose y haciéndose más explícitos ya que se elabora como un Código de Buenas Prácticas.
- ✓ Se le incorpora la protección al medio ambiente.
- ✓ Se le añaden las referencias normativas.
- ✓ Se le incorpora los términos y definiciones.
- ✓ Se especifican los requisitos de los materiales (suelos) para la construcción de estas obras de tierra.
- ✓ Se modifica método de construcción por procedimiento de trabajo, eliminándose la preparación del terreno, procedimiento que aparece en la NC 256:2005 y los equipos de compactación, no necesario a los efectos de este documento al estar implícitos en la ejecución, con las pruebas establecidas según 5.3.5.
- ✓ Se hace énfasis en la técnica mecanizada de compactación en obra y en su control de calidad
- ✓ Se logra un enfoque integrador en su contenido al vincular conocimientos de maquinarias, técnicas constructivas y de la geotecnia vial.
- ✓ Se sustituye la formación de los terraplenes por procedimientos de trabajo o técnicas de construcción para diferentes condiciones topográficas e hidrogeológicas, incorporándose los procesos de: revisión del replanteo y de la ejecución de obras de fábrica.
- ✓ Se le incorpora la bibliografía consultada.

**CARRETERAS.  
TERRAPLENES, ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS.  
CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS**

## **1 Objeto**

Esta Norma Estatal se presenta como un Código de Buenas Prácticas establece los requisitos a cumplimentar en el proceso constructivo de los terraplenes de las obras viales hasta el nivel de la subrasante, en correspondencia a las especificaciones, perfiles y secciones transversales del proyecto, teniendo en cuenta el ajuste en la secuencia constructiva de las condiciones topográficas, geológicas, climáticas y estacionales que imperan en la región de ubicación de la obra.

Si los trabajos de la construcción provocan afectación al tránsito normal en la vía ó en sus intersecciones ó cruces, se deben tomar las medidas por el constructor para mantenerlas adecuadamente, según lo que establece el proyecto.

## **2 Referencias normativas**

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de este código de buenas prácticas. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

Ley – 81 sobre Medio Ambiente. Julio 1997.

Decreto 179 (Protección, uso y conservación de suelos y contravenciones. Marzo 1994.

NC 52 – 29: 1978 Control de la erosión por cubiertas vegetales. Especificaciones constructivas.

NC 52 – 30: 1978 Drenaje subterráneo. Especificaciones constructivas.

NC 52 – 32: 1978 Rehíncho de zanjas para tuberías

NC 53 – 02: 1986 Elaboración de proyectos de construcción. Carreteras rurales. Categorización técnica y características geométricas del trazado directo

NC 53 – 115: 1984 Elaboración de proyectos de construcción. Obras de fábrica. Métodos de cálculo.

NC 53 – 125: 1985 Elaboración de proyectos de construcción. Puentes y alcantarillas. Especificaciones de proyecto y métodos de cálculo.

NC 54 – 150: 1983 Materiales y productos de la construcción. Suelos. Determinación del índice CBR en el laboratorio

NC 60: 2000 Geotecnia. Métodos de ensayo para la determinación del peso específico de la masa del suelo in situ.

NC 58: 2000 Geotecnia. Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.

NC 61:2000 Identificación y descripción de suelos in situ.

NC 63: 2000 Clasificación de suelos para obras del transporte.

NC 158: 2002 Geotecnia. Terraplén de prueba.

NC 201: 2002 Control del tendido y verificación del espesor de los terraplenes.

NC 54 – 148: 1988 Suelos. Ensayo de compactación proctor.

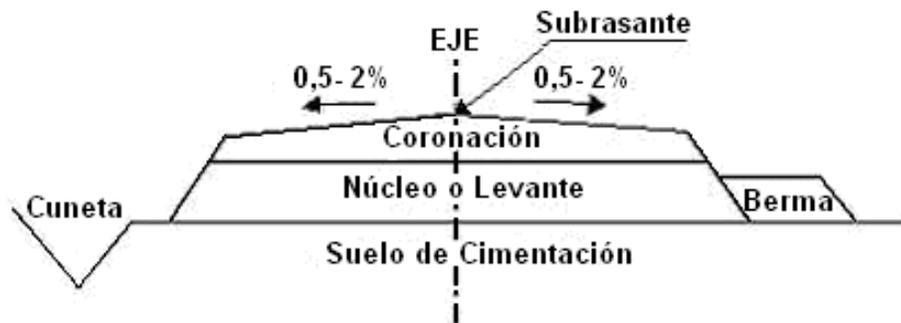
NC 256: 2004 Preparación del área de trabajo. Código de buenas prácticas.

### 3 Términos y definiciones

Para asegurar los propósitos de esta Norma Estatal se establecen los siguientes:

- **Terraplén:** Es una estructura de tierra y/o roca con geometría y dimensiones definidas en el proyecto ejecutivo, que sirve de sostén a diferentes vías de comunicación terrestres (carreteras, autopistas, aeropistas, vías férreas, etc.), compactada a alta densidad acorde a la importancia de la vía, conformada por las capas de coronación y núcleo o levante, presente tanto en tramos en corte como en los de relleno de dicha explanación, construida hasta el nivel de la subrasante, capaz de garantizar la necesaria resistencia y estabilidad ante las acciones exteriores.
- **Terraplén Compensado:** Es aquel tramo de terraplén que es construido empleando los suelos existentes en la propia faja de la vía, siempre que éstos reúnan las exigencias requeridas para su empleo como núcleo y/o coronación del terraplén, generalmente desde una zona en corte o excavación en la propia faja de emplazamiento.
- **Préstamos:** Los préstamos o canteras de materiales son aquellas zonas ubicadas lateralmente al eje de la vía, donde se extraen y toman los suelos que cumplan determinadas exigencias o especificaciones, para su empleo como material de relleno para la construcción de los terraplenes.
- **Terraplén de Préstamo:** Es aquel tramo de terraplén que es construido con suelos obtenidos de los préstamos o bancos de materiales que existen lateralmente al eje de la vía.
- **Terraplén de Aproche:** son los tramos de terraplén que se construyen en las cercanías de las obras de fábrica menores y mayores, donde deben adoptarse medidas especiales para asegurar la correcta construcción y en especial la eficiente compactación de los suelos utilizados en su ejecución.
- **Zona de Coronación:** parte superior de la estructura del terraplén que llega hasta nivel de la subrasante, preferiblemente construida con suelos granulares de excelentes a buenos (A -1 hasta los A-3 según la AASHTO o HRB), con espesor variable, generalmente entre los 15 y 50 cm.
- **Zona de Núcleo o Levante:** zona intermedia de la estructura del terraplén, construida con diferentes capas de suelos locales (A-1 hasta los A-7 según la AASHTO o HRB) compactadas a alta densidad, que apoyan sobre el suelo de cimentación y sostienen la zona de coronación.

- Tipos de Secciones transversales:



1. Sección Transversal en Relleno



2. Sección Transversal en Corte



3. Sección Transversal a "Media Ladera"

### 3,1 Datos Básicos:

Para asegurar la construcción correcta de un terraplén cumpliendo con lo establecido en esta Norma Estatal, debe disponerse de los siguientes datos:

- **Del Proyecto Ejecutivo:** el proyecto geométrico ejecutivo del terraplén a construir donde se pueda precisar su trazado en planta, perfil y secciones transversales; también el de las obras de fábrica menores (alcantarillas) y mayores (puentes) y del sistema de drenaje superficial (cunetas de guarda, cunetas, canales, diques interceptores o desviadores, etc.) y /o soterrado en caso de existir, las obras de protección de taludes, así como otras especificaciones de proyecto que puedan resultar de interés para su construcción.
- **Topográficos:** Carta Topográfica de la faja de emplazamiento de la vía, a escala adecuada
- **Del Diseño y/o Revisión Geotécnica:** el Informe Ingeniero-Geológico con un perfil estratigráfico por el eje de la vía, donde se precisen datos de los suelos (como mínimo: principales parámetros físico-mecánicos y la clasificación según AASHTO o HRB) hasta un mínimo de 2 m de profundidad por debajo de la capa vegetal; el nivel freático, grado de sismicidad de la zona y otros fenómenos negativos de interés geológico (carsismo, fallas, etc.) en la faja de emplazamiento de la vía. El perfil estratigráfico de los préstamos laterales y clasificación de los suelos en los mismos según AASHTO o HRB, así como los resultados de la revisión geotécnica de la estabilidad de los taludes y la magnitud de posibles asentamientos en las secciones transversales críticas del terraplén.
- **Hidráulicos e Hidrológicos:** datos de los ríos y arroyos que atraviesan la explanación, tales como: caudal, niveles de riada o crecida; así como el régimen e intensidad de las lluvias en la zona.
- **Del Parque de Maquinarias Disponibles:** aquellas que están activas o disponibles en la brigada o empresa constructora que se emplearán en la construcción del terraplén, debiendo conocerse de éstas: tipo, marca, modelo, número de inventario y sus respectivas cantidades; parámetros principales (potencia, capacidad, peso, dimensiones); órganos de trabajo disponibles, sistema de rodaje, grado de movilidad o maniobrabilidad y estado técnico.

#### 4 Características y requisitos de los materiales a emplear

**4.1** Los materiales a utilizar deben ser avalados por los ensayos de laboratorios correspondientes (véase NC 54 – 150, NC 58, NC 60, NC 61, NC 63 y NC XX – 2004).

**4.2** Los materiales fundamentalmente deben utilizarse de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales ó de canteras aprobadas, conformados por suelos inorgánicos, libres de troncos, materias orgánicas, raíces u otros materiales perjudiciales.

**4.3** No se permite la construcción con materiales cuyo CBR < 5 %, determinado según el ensayo correspondiente (véase NC 54 – 150) ó lo especificado por el proyecto

**4.4** Los materiales a utilizar, su grado de expansión debe ser < 2 %. (véase NC 54 – 150).

**4.5** El material a utilizar debe ser el de mejor calidad en existencia en la zona, clasificado según la NC 63 – 2000 y con un índice de plasticidad < 10 % (véase la NC 58 ), de no existir los mismos, garantizar las características físicos mecánicas del terraplén según las especificaciones del proyecto con soluciones de: estabilización(suelo-suelo, suelo-cal, suelo-cemento, suelo-asfalto, suelo-aditivos), el uso de geotextiles, tierra armada y otras, siempre que la variante propuesta sea la solución idónea desde los puntos de vista técnico, económico y ambiental.

#### 4.6 Requisitos de calidad de los suelos usados en la construcción del terraplén:

1. Serán los especificados en el proyecto ejecutivo de la obra en especial en el Informe Ingeniero Geológico. No obstante dado el caso de carecer de la necesaria información, los suelos o materiales a usar deben reunir los requisitos y exigencias siguientes:
  - a. Ser materiales locales obtenidos de las excavaciones hechas en la propia obra o en los préstamos laterales a la menor distancia de acarreo posible.
  - b. Estar desprovistos de materia orgánica, ramas, raíces, hierba o cualquier otro material que sea inestable o resulte perjudicial.
  - c. Preferiblemente ser granulares (suelos A -1, A -2 y A -3 según la AASHTO o HRB) aunque pueden ser hasta los A-7 para su uso en la zona de núcleo o levante. Tienen que cumplir las exigencias mínimas para su empleo tanto en la zona de coronación como de terraplén que se establecen en esta norma.
  - d. El tamaño máximo de las rocas existentes en el material de relleno debe ser menor que 2/3 del espesor de la capa a compactar para la construcción de la zona de núcleo o levante y menor que 0,05 m cuando se empleen en la capa superior de la zona de coronación de terraplén.
  - e. No utilizar como material de relleno rocas obtenidas en formaciones de Serpentina con alto grado de meteorización, con elevado porcentaje de silicato de magnesio.

- f. Ser compactadas a máxima densidad todas y cada una de las capas de suelo y/o roca que conforman las zonas de coronación y del núcleo o levante del terraplén, con grado de compactación acorde al suelo y la importancia de la vía, tal como se especifica seguidamente. El espesor de la capa a compactar así como el número o cantidad de pasadas a efectuar en cada franja de cada capa será el definido por la NC 54-144:78 Suelos. Terraplenes de Prueba.

**Exigencias mínimas a cumplir por los suelos a emplearse en la construcción de terraplenes:**

1. Exigencias mínimas a cumplir para construir la **zona del núcleo o levante**:
  - a. Capacidad soportante (CBR) mínimo del 5 %
  - b. Peso específico superior a 1.45 t/m<sup>3</sup>
  - c. Límite Líquido menor que 35% (<35%) o en su defecto que se cumpla que: LL < 65% y el IP > 0,6 (LL -9)
  - d. Contener menos del 25% del volumen total de piedra con tamaño máximo superior a 5 cm.
  - e. No existen limitaciones en el % del material que pasa el TAMIZ 200.
2. Exigencias mínimas a cumplir por los suelos para construir **la zona de coronación**:
  - a. Capacidad soportante (C.B.R.) igual o mayor del 10 %, preferiblemente el máximo posible.
  - b. Peso específico superior a 1,75 t/m<sup>3</sup>
  - c. Limite líquido < 34% o cumplir simultáneamente que LL < 40 y que el IP > 0,6 LL - 9
  - d. No debe contener partículas o piedras con tamaño máximo mayor de 5 cm.
  - e. El material que pasa el TAMIZ 200 debe ser inferior al 35%.

**5. Procedimiento de trabajo**

Para la construcción de los terraplenes, hay que cumplimentar lo establecido sobre el Medio Ambiente en el Decreto 179, capítulo 3, sección primera, artículos 12 al 15 y en la Ley 81, capítulo 4, artículos 27 y 28 y posterior a ejecutar la preparación del área de trabajo según la NC 256, para locuaz se realizarán los siguientes pasos:

### 5.1 Revisión del Replanteo

Se hace una revisión en el terreno de la ubicación de la faja de emplazamiento del terraplén que se ha proyectado y representada en los planos, en la escala establecida, mediante un sistema de mediciones y nivelaciones por tramos y estaciones empleando los instrumentos topo-geodésicos correspondientes, situando el estaquillado a 20 metros en los tramos rectos y en las curvas a 10 metros ó menos según se requiera. Las estacas del pie de talud de los terraplenes, debe comprobarse estén bien ubicadas, fijadas con los puntos de referencia tanto altimétrica como planimétricamente, de manera tal que permitan definir las dimensiones de las mismas y prever la reposición del estaquillado por pérdidas ó deterioro.

### 5.2 Control de la Ejecución de Obras de Fábrica:

Solo se especifica lo referente al proceso constructivo del terraplén de aproche, ya que su ejecución está establecida en las NC 52 – 30, NC 52 – 32, NC 53 – 115 y la NC 53 – 125, respectivamente. Las obras de fábrica se construirán preferiblemente antes de la ejecución del terraplén, con sus obras de contención y con materiales compactados, a ambos lados de la estructura hasta una distancia mínima de cinco veces el diámetro de la alcantarilla y en capas de espesor uniforme, desarrollándose la compactación a máxima densidad en las zonas aledañas a las mismas en sentido longitudinal a éstas, hasta la altura adecuada establecida por el proyecto ó como mínimo hasta la mitad de la altura de las obras de fábrica.

### 5.3 Conformación del Terraplén

#### Generalidades:

Durante el proceso de ejecución del terraplén, se debe prohibir la acción del tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se complete el proceso de compactación, de no ser posible y aprobado por la inversión y proyecto, el tránsito hay que distribuirlo y de forma tal que no quede concentración de huellas de rodadura en la superficie. Una vez compactadas si es conveniente que el tránsito circule sobre las mismas, garantizando siempre que no entorpezca las acciones constructivas.

**5.3.1** Si se construye el terraplén sobre una pavimentación existente, hay que escarificar la superficie pavimentada en una profundidad como mínimo de 0.20 m para lograr un buen agarre mecánico entre ambas superficies.

**5.3.2** Cuando se construye en una ladera con una pendiente mayor al 20 % con la horizontal( a media ladera), hay que crear áreas de apoyo a medida que se va construyendo cada capa del terraplén, con la formación de escalones de al menos 1,50 metros de profundidad y con la altura del espesor de cada capa del material que se coloca para la formación del nuevo terraplén.

La zona excavada se compactará con los requisitos establecidos por el proyecto y el material de la excavación se utilizará en la construcción del terraplén si cumple las exigencias (preferible) ó se desecha.

**5.3.3** Se ejecutarán soluciones en las zonas de transición de corte a terraplén, según proyecto, que logren un agarre mecánico (escalones) de los materiales naturales, de compensación ó préstamo, según el caso, y el encauzamiento de las aguas superficiales de forma que no se cree una junta constructiva que propicie el deslizamiento entre ambas masas de suelo.

**5.3.4** Si el terraplén se va a ejecutar sobre terrenos pantanosos debe cumplirse con los procedimientos descritos mas adelante

**5.3.5** Para la ejecución del terraplén, con los materiales a utilizar, sea por compensación ó de préstamo, hay que ejecutar previamente Terraplenes de Prueba según la NC vigente, para definir los espesores de capa y el número de pasadas acorde con el Compactador disponible,

**5.3.6** Las capas del material en el proceso de ejecución del terraplén y con los resultados obtenidos en el acápite 5.3.5 se deben colocar en un espesor uniforme, paralelas a la pasante del proyecto, cubriendo todo el ancho de las secciones transversales, manteniendo el bombeo transversal entre el 0,5 y el 2 %, de forma tal que asegure el escurrimiento del agua durante el proceso constructivo y se evite la erosión. Para la ejecución de cada capa hay que efectuar antes el escarificado superficial de la superficie de apoyo (máximo de 10 cm.)

**5.3.7** Se deben compactar las capas del terraplén a máxima densidad seca según ensayo proctor, acorde con la NC 54 - 148 y realizando las comprobaciones de calidad correspondientes según los métodos de ensayo, según la NC 60 ¿?, y comprobando el control de tendido y verificación del espesor de las capas en los terraplenes según la NC 201 ¿?

**5.3.8** El proceso de compactación en cada capa se debe efectuar de los bordes hacia el centro el avance, con pasadas paralelas solapadas como mínimo a la mitad del ancho del equipo compactador y en los peraltes de las curvas, de las partes mas bajas a las mas altas, siempre con el número de pasadas que garantiza la compactación uniforme de todos el ancho del terraplén obtenidas del terraplén de pruebas.

**5.3.9** Terminada la ejecución del terraplén, en la superficie del mismo, se realiza una prueba de uniformidad de soporte, la cual debe anteriormente haber cumplido los requisitos de topografía y compactación.

### **Técnicas de Construcción de Terraplenes**

Las técnicas o procedimientos constructivos mecanizados a emplear en la construcción de terraplenes de las vías terrestres tienen que ser las idóneas, tanto desde el punto de vista técnico como económico y ambiental. Su correcta aplicación depende en gran medida de las condiciones topográficas e hidrogeológicas imperantes en la zona de construcción o de emplazamiento y del parque de máquinas disponible, se definen 4 situaciones o casos básicos:

- 1 Zonas llanas con normales y favorables condiciones geológicas.
- 2 Zonas cenagosas o pantanosas con suelos de cimentación débiles.
- 3 Zonas onduladas y montañosas con condiciones geológicas normales y favorables.
- 4 Zonas montañosas en condiciones geológicas complejas.

En dependencia de las características predominantes en cada caso, el grado de complejidad constructiva varía y por consiguiente también el procedimiento constructivo a utilizar.

Seguidamente se enumerarán y detallan las características principales de cada caso y las técnicas constructivas generales a utilizar.

### 1. **En zonas llanas con normales y favorables condiciones geológicas**

Es el caso de menor complejidad constructiva que puede presentarse al imperar las condiciones siguientes:

- Relieve llano, poco accidentado, con pendientes menores del 15 %
- No existencia de bosques y de ríos con cauces superiores a 4 metros de ancho, en general predominio del buen drenaje
- En relación con la tecnología para la ejecución de los trabajos de replanteo la precisión requerida no sea superior a 1:2000 y se puedan ejecutar con teodolito, nivel y cinta.
- Suelo de cimentación firme, no existencia de fenómenos geológicos desfavorables.

Estos tramos se caracterizan en su ejecución por:

1. La repetitividad en la realización de los trabajos al predominar los trazados rectos en terraplén o relleno.
  2. Facilidad de acceso a los tramos en construcción.
  3. No existe una dependencia significativa entre el avance de la construcción de las explanaciones con respecto al de las obras de fábrica menores y mayores.
  4. Poca complejidad constructiva.
  5. Predominio de la utilización de Préstamos Laterales para su construcción.
- **Técnica constructiva general de construcción de terraplenes a emplear en las zonas llanas.**
- 1 Replanteo Preliminar por el eje de la vía cada 50m (para delimitar el ancho faja de emplazamiento).
  - 2 Desmonte o tala de árboles y el acarreo de los árboles talados fuera de la faja de emplazamiento.
  - 3 Desbroce de la vegetación en la faja de emplazamiento.
  - 4 Replanteo definitivo de los puntos notables de la explanación (cada 20 metros)
  - 5 Descortezado o eliminación de la capa vegetal y del suelo de transición que sea necesario en la faja de emplazamiento.
  6. Construcción de los diferentes dispositivos que conforman el Sistema de Drenaje:

- Cunetas laterales.
  - Cunetas interceptoras, contra cunetas o cunetas de guarda.
  - Canales.
  - Obras de fábrica menores y mayores.
  - Otros (diques desviadores, disipadores, etc.)
7. Construcción de terraplenes y de los terraplenes de aproche desde Préstamos Laterales asegurando la adecuada compactación de los suelos.
  8. Perfilado o rasanteo del terraplén hasta el nivel de subrasante.
  9. Recubrimiento de los taludes del terraplén con capa vegetal.

## **2. Técnicas en zonas cenagosas o pantanosas con suelos de cimentación débiles**

Este es un caso particular de las zonas llanas al predominar las condiciones siguientes:

1. Mal drenaje natural de la zona.
2. Suelos de cimentación con poca o nula capacidad soportante (cieno, turba, etc.)

Lo anterior hace más compleja y costosa la construcción de terraplenes al tener que realizar trabajos adicionales de drenaje, usar suelos seleccionados con determinadas características, maquinarias y métodos constructivos específicos y adecuados a estas condiciones (ejemplos: ciénagas, lagunas, zonas costeras bajas).

La mejor solución es evitar que el trazado en planta de la vía atraviese por las mismas, en caso de no ser posible, proceder a la construcción de la Estructura de Tierra y/o Roca (E.T.) más adecuada denominada: Pedraplén, tratando siempre de eliminar o desplazar el cieno, turba o suelo débil, para que éste apoye totalmente sobre el estrato resistente.

Dado el caso de que no sea factible técnica y económicamente eliminar el cieno o turba totalmente hay que tratar de emplear los siguientes procedimientos o técnicas constructivas:

### 1. Técnica por sustitución de materiales.

Consiste en eliminar el cieno o turba del préstamo o ciénaga mediante excavaciones empleando maquinarias, por el propio peso y la forma puntiaguda del pedraplén en su extremo más avanzado o mediante técnicas de voladura y hacer su sustitución por rocas adecuadas y/o suelos rocosos (clasificación: A-1 y A-2 según la AASHTO) compactadas a máxima densidad para garantizar mínimos asentamientos y máxima resistencia. Este procedimiento no siempre es factible utilizar, aunque el mismo es el más aconsejable para lograr la adecuada resistencia, durabilidad y economía en la construcción de la estructura de tierra y/o roca.

## 2. Técnica por consolidación:

En esencia el procedimiento consiste en proporcionar al material del suelo de cimentación mayor capacidad resistente para sostener las cargas del terraplén, lo cual puede lograrse por:

- a. Desecación del pantano o ciénaga.
- b. Confinamiento lateral del terraplén.
- c. Construyendo Drenes Verticales de arena.
- d. Utilizando Mechas Drenantes

El caso a) es aconsejable emplearlo cuando sea posible drenar el pantano o ciénaga mediante un sistema de canales o zanjas, lo cual no siempre es factible ya que por lo general estas zonas son las más bajas de la región.

El caso b) es una solución generalmente costosa, ya que consiste en confinar por ambos lados el terraplén con tablaestacas o mediante la hincada de pilotes de madera local, para evitar que el cieno o lodo que queda debajo de la E.T. se desplace lateralmente, reduciéndose la magnitud de los asentamientos. Debe usarse solo en situaciones especiales, cuando es más económica esta solución que las restantes posibles y la afectación al medio ambiente sea mínima.

El procedimiento c) consiste en realizar drenes verticales de arena en el suelo de cimentación, que permita acelerar el proceso de consolidación del cieno o turba existente en el pantano, ya que como es conocido el tiempo de consolidación varía con el cuadrado de la distancia que el agua contenida en el suelo debe recorrer para evacuarse, por ello si se reduce dicho recorrido el proceso de consolidación se acelera. Estos drenes verticales no son más que perforaciones generalmente de sección circular hechas en el terreno blando de cimentación o apoyo del terraplén las que se rellenan con arena, con diámetro mínimo igual a 0.30 m, que hacen posible que el flujo horizontal del agua hacia los mismos haga más rápido el proceso de consolidación, permitiendo que durante el proceso de construcción los asentamientos que se manifiestan puedan ser corregidos. Si se desea mayor velocidad de consolidación los drenes se construirán con menor espaciamiento y viceversa, si se desea reducir se les dará mayor espaciamiento.

El último de los procedimientos(d) se emplea cuando la potencia del estrato de suelo débil por el cual debe cruzar el terraplén de la vía es muy grande y resulta muy costosa o imposible su excavación, por lo que se trata de acelerar el hundimiento de la estructura de tierra empleando suelos arenosos (arenaplén) compactados con Compactadores Vibratorios o Sobre Neumáticos, que se recubren con geotextil impermeable, al cual se le colocan debidamente espaciadas unas mechas o fajas de un material textil adsorbente que permite que el agua que penetró en el

arenaplén ascienda por las mechas y al llegar a la superficie recubierta con geotextil se desplace hacia sendas cunetas construidas a ambos lados que dada su pendiente longitudinal permite su eliminación, proceso mediante el cual se acelera el asentamiento de dicha estructura, aunque es importante destacar que hay que controlar la magnitud con que se manifiesta este fenómeno para tratar de que sea gradual y no bruscamente ya que pudiese poner en peligro la estabilidad y resistencia de la estructura. Seguidamente se coloca una capa de material rocoso (suelo granular clasificación A-1, A-2, o A-3) la que compacta a máxima densidad hasta llegar al nivel de la subrasante.

### 3. Técnica por hundimiento total del terraplén.

Mediante esta técnica se hará descansar el pedraplén en el estrato resistente o suelo de cimentación, basándose en el mayor peso específico de sus materiales componentes o desplazando el cieno o turba, mediante fuerzas externas que aceleren el proceso.

3.1 Procediendo al hundimiento de la Estructura de Tierra y/o Roca. por medio de la gravedad(usando suelos y rocas con alto peso unitario suelto muy superior al existente en la zona), para así lograr que la estructura desplace el cieno y de esa manera se asiente en el estrato resistente.

3.2 Facilitando el hundimiento del pedraplén mediante el uso de voladuras previas controladas, que eliminen el cieno que se encuentra entre esta estructura de tierra y/o roca y el suelo de cimentación.

El procedimiento 3.1 se empleará a bajas profundidades de cieno  $\leq 2$  m usando suelos de alto peso unitario suelto ( $\gamma \geq 2$  t/m<sup>3</sup>). El procedimiento 3,2 para desplazar espesores de cieno o turba superiores a los 2 m utilizando rocas no solubles y/o suelos con alto peso unitario suelto con pesos unitarios  $\gamma \geq 2$  t/m<sup>3</sup>

En todos los casos hay que tratar de lograr el desplazamiento del cieno para que la estructura de tierra y/o roca se asiente sobre el estrato resistente, emplear rocas con granulometría distribuida y adecuadas características para lograr conformar una estructura de esqueleto sólida y compacta, usar rocas hasta sobrepasar el nivel del agua preferiblemente 1 metro y compactar la estructura de tierra y/o roca a máxima densidad hasta llegar a la subrasante de la vía.

### 3. Técnicas de Construcción en zonas onduladas y montañosas en diferentes condiciones geológicas:

a) **En condiciones normales y favorables:** sus características principales son

1. Trazado en planta del terraplén sinuoso con predominio de sucesivos tramos en corte y terraplenes altos, así como secciones “a media ladera”. Esto implica la realización de grandes volúmenes de movimientos de tierras;
2. La posibilidad de que exista inestabilidad de laderas y taludes lo cual conlleva a la construcción de estructuras de contención de tierras y/o rocas
3. Dada la topografía imperante se hace difícil el acceso a la obra por las maquinarias de construcción, transporte de materiales y del personal.
4. Dependencia del avance físico de la explanación y las obras de fábrica mayores y menores (puentes y alcantarillas), lo que en ocasiones obliga a la construcción de caminos y obras de fábrica provisionales que elevan costos y alargan la duración de la obra.
5. Mayores probabilidades de efectuar compensaciones longitudinales, siendo frecuente el depósito del material excavado sobrante “a caballero” o en vertederos.
6. Necesidad de utilizar con frecuencia las técnicas de voladuras de tierra y/o roca para ejecutar tramos en corte, el sistema de drenaje y extracción de material de relleno en préstamos.

b) **En condiciones geológicas complejas o desfavorables.**

Son aquellas en las que están presentes además las condiciones siguientes:

- Existen manifestaciones de carso, empantanamiento de agua y frecuentes deslizamientos de laderas y taludes.
- Existen diferentes elementos litológicos, heterogéneos en cuanto al grado de alteración y agrietamiento y propiedades físico-mecánicas diferentes.
- Las estructuras geológica y geomorfológica están compuestas por fuertes plegamientos y presencia de fallas.
- Los suelos aluviales, eluviales y deluviales tienen una estratificación y distribución errática de las características físicas y mecánicas.
- Existencia de suelos colapsables, expansivos y sifonables. Las arcillas son de blandas a muy blandas. Las gravas y arenas son sueltas o muy sueltas y las aguas subterráneas influyen en la cimentación de los terraplenes.

Estas zonas de geología compleja obligan a adoptar medidas especiales de seguridad en

la protección de taludes en zonas de corte y terraplenes altos (geomallas, gunitaje, tierra armada, muros ever green, gaviones, muros de contención y otras); emplear técnicas de voladura de tierra y/o roca; maquinarias de gran potencia y dimensiones, aumentándose con ello de manera significativa los costos de construcción.

- **Técnica de construcción a emplear:**

1. Replanteo preliminar del tramo a construir.
2. Desmonte y acarreo árboles fuera de la faja de la vía.
3. Destroce de vegetación
4. Replanteo definitivo del tramo de terraplén en construcción.
5. Descortezado de la capa vegetal y de transición, así como su acarreo y depósito “a caballero”.
6. Construcción de los dispositivos del sistema de drenaje (puentes, alcantarillas, cunetas, cunetas de guarda, etc.) en época de seca
7. Ejecución de los “terraplenes de aproche” en las obras de fábrica terminadas.
8. Compensaciones longitudinales y transversales para construcción de explanaciones.
9. Excavación del material sobrante y/o indeseable generalmente mediante voladuras y su depósito “a caballero” y/o vertederos, si el suelo clasifica como IV ó V (rocas duras y muy duras) según Tabla 1 del Anexo 1.
10. Construcción de estructuras de protección de taludes y laderas(la idónea dada las características existentes)
11. Construcción de los terraplenes, en caso necesario, desde préstamos laterales.
12. Perfilado de los taludes en corte y los dispositivos del sistema de drenaje.
13. Reapertura de dispositivos de drenaje superficial, en el caso que se requiera.
14. Perfilado (rasanteo) del terraplén garantizando el necesario bombeo lateral.

## **6 Control de la calidad. Puntos de control**

### **6.1 Replanteo**

Se comprueba que todas las referencias establecidas, ejes, ángulos, dimensiones y cotas, estén de acuerdo con la documentación del proyecto y con las tolerancias que se especifican y acuerden previamente.

## 6.2 Selección del material

Comprobación de los resultados de los análisis del laboratorio que determinen el material a emplear, según las normas NC 20, NC 58, NC 60, NC 63 y NC 54 – 150 . Preferiblemente los suelos granulares antes descritos.

## 6.3 Preparación del área de trabajo

Antes de la colocación del terraplén, hay que inspeccionar y aprobar la base de sustentación comprobando si se ha cumplido con la NC 256 .

## 6.4 Construcción del terraplén

**6.4.1** En el laboratorio se revisaran por muestreo las densidades obtenidas en los controles en distintos puntos de la vía, los instrumentos y métodos utilizados para los controles de obra y de los materiales a utilizar y su relación con las especificaciones establecidas.

Para ser más específicos se tiene que cumplir el siguiente procedimiento para realizar mecanizadamente la compactación de suelos:

1. Compactar el suelo natural o de cimentación (siempre que sea posible) efectuando de 4 - 6 pasadas por la misma franja.
2. Compactar la primera capa desde los bordes hasta el eje con el Compactador idóneo, efectuando él número de pases para el espesor de capa definido en el terraplén de pruebas.
3. Determinar  $\gamma_d$  (ya sea por métodos tradicionales del Anillo y Arena o por el Densímetro Nuclear) comprobando que se cumpla que:  $\gamma_{dk} \geq \gamma_d \text{ mín}$
4. De cumplirse la anterior condición, la superficie de la capa compactada se escarificará entre 3 y 5 cm. se humedecerá si lo requiere.
5. Se repetirá el proceso anterior hasta el nivel de subrasante de la explanación.

### Control de la Calidad de la Compactación de los Suelos:

Para ello se especifican las magnitudes mínimas de los pesos específicos secos a obtener en

Obra. Realmente La  $\gamma_d \text{ mínima}$  es un % de la  $\gamma_d \text{ máxima}$  del Proctor Modificado será el establecido en el Informe Ingeniero Geológico de la Obra, de lo contrario se adoptará según importancia de la obra mediante los criterios siguientes:

- 1 En las Pistas de Aterrizaje (Aeropistas) y Cortinas de Presas de Tierra:

$\gamma_d \text{ mínima} = 100\% \gamma_d \text{ máxima}$  (Próctor Modificado) para la zona de coronación y para la de levante del 98 %.

2 Terraplenes de Carreteras y Autopistas (I categoría):

$\gamma_d$  mínima = 98%  $\gamma_d$  máxima (Próctor Modificado). para la zona de coronación y para la de levante del 95%

3 Terraplenes de Carreteras de menor categoría (hasta III Categoría):

$\gamma_d$  mínima = 95%  $\gamma_d$  máxima (Próctor Modificado). en la zona de coronación y en la de levante del 90%

En el caso de terraplenes altos la Empresa de Investigaciones Aplicadas que acometió los estudios o investigaciones geotécnicas debe especificar la  $\gamma_d$  mínima que debe lograrse, acorde con la altura del terraplén.

En el tramo o área a controlar la calidad de la compactación, deberá cumplirse con los siguientes Criterios de Aceptación o Rechazo:

1. Que  $\gamma_d k \geq \gamma_d$  mínima

Esto significa que deben realizarse como mínimo 6 ensayos en cada capa y franja de suelo a compactar, para poder determinar la densidad o peso específico seco característico del suelo, asegurándose la debida calidad en este proceso.

2. Que la compactación del tramo o capa quede bien compactada y debidamente perfilada al finalizar cada jornada laboral.

Esto garantiza que en caso de lluvia no se produzcan afectaciones y demoras innecesarias.

## 7. Medidas a cumplir para minimizar el Impacto Ambiental:

Hay que cumplir las siguientes medidas para minimizar el impacto en la construcción de los terraplenes para cada uno de los siguientes factores:

### 1- Suelo:

- Realizar el descortezado o eliminación de la capa vegetal de la base de los terraplenes según el espesor establecido en el proyecto para evitar la eliminación innecesaria de dicha capa, ubicando este material debidamente para tratar de lograr la máxima reutilización.
- Distribuir racionalmente las masas de los suelos a mover asegurando la máxima compensación longitudinal y transversal.
- Ubicar convenientemente el material sobrante de los tramos o zonas en corte o excavación para minimizar afectaciones al medio ambiente
- Emplear únicamente la faja de emplazamiento establecida en el proyecto para la construcción de las explanaciones.

-

## 2- Vegetación:

- Realizar el desmonte o tala de árboles y el desbroce de la vegetación imprescindible, solo dentro de los límites de la faja de emplazamiento establecida en el proyecto de la explanación.
- Minimizar la apertura de trochas, caminos de acceso provisionales hasta la obra y hacia los préstamos.
- Recubrir siempre que sea factible los taludes de las explanaciones con la capa vegetal extraída.
- Asegurar un racional acarreo y disposición que permita el uso de los árboles maderables talados.

## 3- Agua:

- Evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas al explotar las maquinarias de construcción.
- Construir correctamente el sistema de drenaje proyectado y mejorarlo siempre que sea posible durante su construcción.
- Evitar destrucción y desvíos de los acuíferos existentes en la zona en la fase de construcción de las explanaciones.

## 4- Paisaje:

- Ubicar correctamente los préstamos laterales, no tan cercanos que afecten el entorno de manera evidente y a la vez no tan distante de la obra para no elevar los costos de transportación.
- Explotar correctamente los préstamos laterales, usando el área imprescindible que asegure los volúmenes de tierra necesarios y siempre en la cara no visible desde la obra vial
- Adoptar cuanta medida contribuye al cuidado del paisaje durante la fase constructiva.

## 5- Atmósfera:

- Usar las técnicas de voladuras de tierra y/o roca solo en casos estrictamente necesarios.
- Mantener un buen estado técnico de funcionamiento el parque de máquinas disponible para ejecutar los diferentes trabajos, para reducir así en la mayor medida posible el escape de gases, el derrame de combustible y lubricantes, así como la generación de ruidos innecesarios.
- Evitar o disminuir el mínimo de creación de nubes de polvo (polvaredas) al construir explanaciones, mediante riego de agua u otras medidas.

**Bibliografía**

1. Argentina, Guía para la elaboración de estudios de Impacto Ambiental en Proyectos Viales.  
Ing. Miguel Jorge Fernández Madero  
Lic. Liliana Angélica Camusso  
Ing. Agr: Fernando Yaluk  
Barimont S.A. Consultora. Argentos.
2. Argentina, Pliego General de Especificaciones Técnicas de Impacto Ambiental para Obras Viales. Una herramienta de gestión ambiental.  
  
Norberto Jorge Bejermin  
Sandra Cabral  
Direc. Provincial de Vialidad. Córdoba
3. ASTM D 393 –19 93 Practice for classification of soils and soil – aggregate mixtures for highway construction purposes.
4. Ballester, Francisco. Máquinas de Movimiento de Tierra. Criterios de Selección. / Francisco Ballester, Jorge A. Capote. – 1ª. Edición. -- España: Editorial Pedeca, 1992. -- 405 p.
5. BS - 8006: 1995: British Standard. Code Of Practice for strengthened reinforced soils and other fills.
6. Crespo Villalaz, Carlos. Vías de Comunicación. / Carlos Crespo Villalaz. – Tercera Edición. México: Editorial Limusa, 2000. -- 715 p.
7. Especificaciones técnicas generales. Manual de Carreteras. Volumen 5. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Obras Públicas Dirección de Vialidad. Chile. Junio/1998.
8. Especificaciones Generales para la Construcción de Puentes y Carreteras. Departamento del Transporte, Estado de la Florida. EUA, 1986.
9. Evaluación de Impacto Ambiental para Obras Viales. Banco Mundial, 2000.
10. Instrucción para el control y aceptación de obras y evaluación del estado de los caminos sin pavimentar (terraplenes). MITRANS. C. Habana Vigente Septiembre 2001.-- 5 p.

11. NF – 11 – 300 – 1992: Ejecución de movimiento de tierras. Clasificación de los materiales utilizables en la construcción de terraplenes.
12. Orta Amaro, Pedro Andrés. Perfeccionamiento de la Ejecución Mecanizada de los Movimientos de Tierra. / Pedro Andrés Orta Amaro. Tesis para Optar por el Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Abril 1996 -- 89 p.
13. Orta Amaro, Pedro Andrés Tecnología de Construcción de Explanaciones. Pedro Andrés Orta Amaro. Editorial Samuel Feijoo, CDICT de la UCLV Julio del 2003 – 423 p.
14. Reglamento para la excavación, extracción y nivelación de terrenos en el Municipio Tijuana. México. Junio, 1993.

Esta propuesta de Norma Estatal ha sido confeccionada por:

Pedro Andrés Orta Amaro, Ing. Civil, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular del Dpto. Ing. Civil de la Facultad de Construcciones de la UCLV, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

E Mail: [ortaamaro1951@yahoo.es](mailto:ortaamaro1951@yahoo.es)  
[ortaamaro@gmail.com](mailto:ortaamaro@gmail.com)  
[orta@uclv.edu.cu](mailto:orta@uclv.edu.cu)