

**GUÍA PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMPO O EN VÍA,  
INCLUYENDO *PERMA ZYME 11X***

VERSIÓN 02 /OCTUBRE 2008



**GUÍA PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMPO O EN VÍA,  
INCLUYENDO *PERMA ZYME 11X***

<b>VERSIÓN</b>	02	<b>FECHA</b>	OCTUBRE DE 2008
----------------	----	--------------	-----------------

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	1
1. ACTIVIDADES PREVIAS .....	2
1.1 INSPECCIÓN DEL TERRENO, RECONOCIMIENTO DE MATERIALES Y CANTERAS .....	3
1.2 TOMA DE MUESTRAS, ENSAYOS IN SITU Y ENSAYOS DE LABORATORIO PREVIOS AL DISEÑO .....	3
1.3 DISEÑO GEOMÉTRICO, HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL .....	4
1.4 PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	4
2. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....	5
2.1 PREPARACIÓN DEL SUELO APLICANDO <i>PERMA ZYME 11X</i> .....	6
2.2 METODOLOGÍAS DE ESTABILIZACIÓN .....	7
2.3 RECOMENDACIONES GENERALES .....	9

## **INTRODUCCIÓN**

Aunque los ensayos de laboratorio y las pruebas que se puedan realizar para simular el comportamiento del suelo bajo unas condiciones dadas muestran el notable incremento de las cualidades del mismo al aplicar *Perma Zyme 11X*, es el comportamiento del material estabilizado en toda su extensión bajo los sometimientos de carga y de las condiciones reales, cuando se aprecian las bondades del multienzimático usado al estabilizar un suelo.

Se deberá tener un buen ordenamiento y secuencia que facilite o simplifique los trabajos que se deben realizar, de tal forma que se tenga claro cuál es el estado del suelo al cual se debe llegar y encontrar la mejor forma de hacerlo.

## **OBJETIVOS**

El objetivo principal de este documento es el de unificar criterios en cuanto a los procedimientos para estabilización en campo, que se debe seguir cuando se trabaja con *Perma Zyme 11X*.

Otros objetivos:

- ✓ Dar a conocer un procedimiento técnico adecuado para la estabilización de los suelos, tomando en cuenta las experiencias anteriores con proyectos donde se ha usado *Perma Zyme 11X*.
- ✓ Recomendar procedimientos de campo conocidos, avalados, estandarizados y aceptados para obtener resultados confiables que muestren el verdadero potencial del estabilizante.
- ✓ Presentar una excelente alternativa constructiva que permita combinar maquinaria convencional usada en los trabajos de vías y *Perma Zyme 11X*, un producto ecológico que contribuye ampliamente en todos los aspectos exigidos por diferentes entidades a diferentes niveles.

## GUÍA PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMPO O EN VÍA, INCLUYENDO *PERMA ZYME 11X*

Este documento presenta procedimientos constructivos que permitirán realizar de forma ordenada y sencilla, estabilizaciones de suelos con productos multienzimáticos de origen natural, para obtener resultados duraderos, ambientalmente amigables, con bajos costos y mejorando el rendimiento del tiempo en obra. Este documento y las actividades descritas en el, pueden ser complementados dependiendo de la complejidad de cada proyecto y de las necesidades que se presenten.

Como es de esperarse, los resultados que laboratorio respecto de cada suelo y su interpretación, la cual generalmente culmina en un diseño, forman una de las partes con mayor trascendencia en cualquier proyecto donde se involucre el suelo y los diferentes usos que se le quiera dar. Es importante tratar de recrear de la forma más real posible el comportamiento del suelo frente a las cargas y demás sometimientos que deba soportar en el terreno, puesto que esa es la esencia de realizar un estudio previo.

Las actividades o procedimientos que generalmente se practican para la estabilización de suelos con *Perma Zyme 11X*, son sencillas y se pueden llevar a cabo con maquinaria tradicional usada en las vías; no obstante, si bajo alguna circunstancia se plantean procedimientos que permitan mejorar el rendimiento en campo, el rendimiento económico o en general el rendimiento global de la obra en ejecución, dichas actividades pueden emplearse siempre y cuando no ocasionen malestar alguno en la comunidad o en el medio ambiente. En todo caso, el éxito de la estabilización con *Perma Zyme 11X* y en general con cualquier otro producto que se le adicione a un suelo, se encuentra en lograr homogeneidad completa en cuanto a la gradación del suelo y la humedad del mismo en toda la masa tratada.

### 1. ACTIVIDADES PREVIAS

Son aquellas que deben realizarse antes de ejecutar la estabilización como tal y deberán ser tenidas en cuenta de tal modo que contribuyan activamente al éxito de la

estabilización. Algunas de las actividades que se pueden llevar a cabo antes de realizar la estabilización con *Perma Zyme 11X*, son las siguientes:

- ✓ INSPECCIÓN DEL TERRENO, RECONOCIMIENTO DE MATERIALES Y CANTERAS
- ✓ TOMA DE MUESTRAS, ENSAYOS IN SITU Y ENSAYOS DE LABORATORIO PREVIOS AL DISEÑO
- ✓ DISEÑO GEOMÉTRICO, HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL
- ✓ PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

### **1.1 INSPECCIÓN DEL TERRENO, RECONOCIMIENTO DE MATERIALES Y CANTERAS**

Esta actividad consiste en ir al sitio exacto donde se ejecutará la obra, reconocer todos los factores que pueden intervenir en el desarrollo de las actividades y en el posterior uso de la misma. Es importante reconocer todos los aspectos hidráulicos, de tránsito, de carga, de materiales, etc.; la topografía y el sistema de desagüe por gravedad forman parte fundamental en el éxito del proyecto.

El tipo de materiales, los diferentes tamaños, los diferentes minerales y en fin todos los aspectos relacionados al suelo como tal, son los que finalmente importan para tomar decisiones en cuanto a actividades extra como clasificación, zarandeo, triturado, mezcla o mejoramiento del suelo, etc.

Establecer las distancias de fuentes de materiales, tipo de transporte y costos del mismo, permiten establecer una buena referencia para organizar el plan de trabajo. Las canteras o fuentes de materiales deben aportar a las bondades del suelo que se quiere estabilizar, debe aportar economía y ahorro en todo tipo de recursos a mediano y largo plazo, puesto que uno de los intereses al estabilizar con *Perma Zyme 11X* debe ser el de realizar un muy buen trabajo pero que con el tiempo refleje ganancia no solo estructural sino ambiental y económica.

### **1.2 TOMA DE MUESTRAS, ENSAYOS IN SITU Y ENSAYOS DE LABORATORIO PREVIOS AL DISEÑO**

La toma de muestras, los ensayos IN SITU, y los ensayos de laboratorio previos al diseño, deben realizarse como se indica en la "GUÍA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO Y TRABAJO DE CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN SUELO, PREVIO AL DISEÑO ESTRUCTURAL GEOTÉCNICO, INCLUYENDO *PERMA ZYME 11X*". En el documento mencionado se encuentran recomendaciones y referencias de diferentes normas que pueden guiar estos trabajos.

Estos procedimientos se realizan para determinar cuáles son las características del suelo que se debe estabilizar, sea producto de una mezcla o no, y de esta forma poder describir un comportamiento futuro del mismo frente a las exigencias reales. A su vez, detectar tempranamente si se presentarán eventualidades adversas para poder corregirlas a tiempo.

### **1.3 DISEÑO GEOMÉTRICO, HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL**

Cuando se realiza el diseño geométrico de una vía se tienen en cuenta diversos aspectos que en conjunto permiten buena maniobrabilidad en la misma y cierta comodidad para el usuario. La topografía, definición de niveles, ubicación de obras de arte, pasantes, recolectores de aguas y en general la localización y definición de los elementos visibles y no visibles de la vía mejoran la garantía de un trabajo duradero y confiable.

Si es el caso de otros tipos de obra, se deberá definir claramente niveles, tamaño de las estructuras importantes, comodidad constructiva y comodidad en uso. El usuario deberá gozar en todo momento de buenos niveles de seguridad y lo mismo en el momento de la construcción.

En cuanto al diseño hidráulico se deberá definir claramente las formas de recolectar el agua, conducirla y entregarla a la fuente receptora de tal forma que interfiera lo menos posible con el uso de la obra terminada. El sistema de evacuación de aguas lluvias más económico es por medio de la gravedad, pero el sistema deberá contar con capacidad suficiente para controlar la totalidad de aguas lluvias captadas y conducidas.

El tránsito, las cargas y la caracterización del suelo son las herramientas básicas con las que el diseñador estructural tendrá que definir espesores, estructuras de disipación, calidades de materiales sobre o bajo lo estabilizado. Este diseño es por mucho uno de los más importantes y puede definir la vida útil en buen estado de la obra, para el uso que fue concebida.

### **1.4 PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

La planeación de los trabajos debe incluir la obtención de maquinaria, mantenimiento de la misma, reemplazo de alguna si fuese necesario y sitios de parqueo o descanso de las máquinas. A su vez se deberá contar con los requerimientos de ley en cuanto a los trabajadores que intervienen en la obra para prevenir cualquier eventualidad.

Los tiempos o jornadas de trabajo de cada máquina y los empalmes con diferentes actividades conforman un plan de trabajo que se presume bueno y en el cual se permite

controlar cada actividad y sacar el mayor provecho a cada uno de los involucrados en la obra. No es de desconocer que todos los que intervienen en la ejecución de los trabajos deben hacerlo en un ambiente adecuado y que motive el logro de los objetivos de buena forma.

Debido a que el cronograma de actividades trazado se presume bueno, es importante tratar de cumplirlo al máximo y desarrollar las actividades de buena forma. En todo esto es de gran importancia conocer de antemano la zona de trabajos y aspectos como clima, población de trabajo, población de apoyo y en general todos los aspectos que indirectamente inciden en el desarrollo propio de las obras.

## 2. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

*Perma Zyme 11X* se puede aplicar para mejorar las condiciones de suelo en vías, cámaras de almacenamiento de residuos sólidos, lagos o estanques artificiales, piscinas de oxidación, y en fin todo sitio donde se requiera mejorar el suelo e impermeabilizar el mismo. Principalmente en vías se usa para mejorar afirmados, sub-rasantes, sub-bases y bases granulares que tengan terminado asfáltico, concreto o adoquín o por el contrario permanezcan expuestos al medio ambiente y al tráfico luego de ser estabilizados.

En los trabajos de estabilización con *Perma Zyme 11X*, se recomienda trabajar mínimo con la siguiente maquinaria:

- ✓ Máquina para escarificar, homogenizar y extender como una **moto-niveladora**.
- ✓ Máquina para mezclar y agregar agua + *Perma Zyme 11X*, como un **carro-tanque**.
- ✓ Máquina para compactar como un **vibro-compactador**.

Obviamente, esta maquinaria como cualquier otra deberá estar en buenas condiciones y con los elementos necesarios para la realización de los trabajos. A su vez, **fresadoras**, **recicladoras**, **pulvimixer** y otros similares ofrecen un costo extra en las actividades, pero de igual forma su uso se justifica en el aumento del rendimiento en obra, en la excelente homogenización del suelo y adecuación de granulometría del mismo, lo que garantiza un buen trabajo a todo nivel. Eventualmente puede proponerse otro tipo de maquinaria dependiendo de las circunstancias en la que se vaya a trabajar.

*NOTA 1: Para que haya éxito en la estabilización debe procurarse llevar el suelo a las siguientes condiciones: granulometría (18% a 30% en finos pasa tamiz No. 200) y plasticidad (6% a 20% de índice de plasticidad). Una buena*

*homogenización del suelo en cuanto a gradación del mismo y humedad contribuye notablemente a una buena estabilización.*

Para calcular la cantidad de agua que requiere el suelo es necesario que se determine su humedad natural antes de comenzar los trabajos para calcular la cantidad de agua que se deberá adicionar al mismo. Todo esto dependerá de los ensayos de laboratorio que se le practican previamente al suelo, en especial el de relación de peso unitario y humedad del suelo (Proctor Estándar ó Proctor Modificado). La idea es que se debe tener la humedad óptima del suelo en el momento de ser compactado, para garantizar buenas densidades y ahorro en costos de maquinaria.

Es necesario programar la cantidad de suelo que se pretende estabilizar en una jornada para preparar las condiciones necesarias; generalmente se puede estabilizar entre 250 m<sup>3</sup> a 500 m<sup>3</sup> de suelo compacto en un solo día con un grupo de maquinaria, es decir en un frente de trabajo.

## 2.1 PREPARACIÓN DEL SUELO APLICANDO *PERMA ZYME 11X*

Se deberán tener datos de la humedad presente del suelo, del peso unitario seco y humedad óptima; es posible obtener matemáticamente la cantidad de agua necesaria para adicionar al suelo y llegar a la humedad óptima.

Se debe tener claridad de la cantidad de suelo compacto "X", en m<sup>3</sup>, que se va a trabajar en la jornada. Esta cantidad de material se divide en 120 para saber cuánto *Perma Zyme 11X* en galones, se debe aplicar en el suelo, de la siguiente forma:

$$PZ = \frac{\text{volumen de suelo}}{120}$$

Como la cantidad de agua que se debe aplicar al suelo es proporcional al mismo si se quiere llegar a la humedad óptima, hemos obtenido la siguiente expresión para hallar la cantidad de agua necesaria:

$$V = \frac{\gamma(\omega_o - \omega_n)}{1 + (\gamma \times \omega_o)}, \text{ donde}$$

- V Volumen de agua que se debe adicionar por cada m<sup>3</sup> de suelo, en m<sup>3</sup>
- $\gamma$  Peso específico seco del suelo, según el ensayo de Proctor, en ton/m<sup>3</sup>
- $\omega_o$  Humedad óptima del suelo, según el ensayo de Proctor, en %
- $\omega_n$  Humedad natural del suelo, en %

La cantidad de agua final que se debe adicionar al volumen de suelo, es: V multiplicada por el número de m<sup>3</sup> del suelo compacto que se va a trabajar.

**NOTA 2:** *La cantidad de Perma Zyme 11X que se debe usar es proporcional a la cantidad de suelo y no a la cantidad de agua, de la siguiente forma: 1 galón americano de Perma Zyme 11X para 120 m<sup>3</sup> ó 125 m<sup>3</sup> de suelo compacto ó 1 litro de Perma Zyme 11X para 30 m<sup>3</sup> ó 33 m<sup>3</sup> de suelo compacto.*

*La cantidad de agua requerida es la necesaria para llegar a la humedad óptima del suelo. Perma Zyme 11X debe ser adicionado previamente al agua puesto que es su medio de aplicación.*

El suelo deberá estar totalmente disgregado y suelto, sin presencia de grumos para poder aplicar el agua + *Perma Zyme 11X*. Luego de mezclar suelo + agua + *Perma Zyme 11X*, se deberá garantizar la homogeneidad en granulometría y humedad en toda la extensión de la masa.

## 2.2 METODOLOGÍAS DE ESTABILIZACIÓN

El método con el cual se estabiliza el suelo depende de la maquinaria disponible y más que todo del plan de trabajo que se adopte para la obra y si el suelo que se va a estabilizar es apto para trabajar con *Perma Zyme 11X*. A continuación se exponen algunas posibilidades de trabajo que pueden usarse para la estabilización de suelos con el multienzimático.

**NOTA 3:** *El suelo es llevado a tal condición que cumpla con los requerimientos del multienzimático. Los parámetros principales como son granulometría o gradación e índice de plasticidad, ya se han establecido previamente por el fabricante de Perma Zyme 11X; es importante recordar que la proporción de Perma Zyme 11X respecto del suelo ya está establecida, por lo que no se debe cambiar dicha proporción.*

### ✓ Estabilización con material IN SITU

Tradicionalmente se debe escarificar el terreno, aplicar el agua + *Perma Zyme 11X*, homogenizar y finalmente compactar; con esta alternativa no se adiciona suelo de aporte sino se aprovecha el suelo existente y se trabaja directamente donde se encuentra la obra.

Una vez definido el espesor del suelo que se debe estabilizar, se debe escarificar, soltar o disgregar suelo hasta un máximo de 30 cm. Si el espesor de suelo para estabilizar es mayor a 30 cm se deberá trabajar en capas, moviendo la capa superior de suelo hasta

que se encuentre la última, la cual se escarifica. Previamente se aplica la cantidad de *Perma Zyme 11X* necesaria dentro del vehículo irrigador y se agita para homogenizar. Se aplica la cantidad necesaria de la mezcla agua + *Perma Zyme 11X* en cada capa, para luego homogenizar suelo + agua + *Perma Zyme 11X*, nivelarlo y finalmente compactar. Si fuese el caso, luego de la primera capa estabilizada se coloca material de la capa superior, se aplica la mezcla agua + *Perma Zyme 11X*, se homogeniza, se compacta y así hasta llegar a la capa final.

✓ **Estabilización con material IN SITU mezclado con material de mejoramiento**

En este caso se trabaja en el sitio donde se encuentra la obra; sobre el material IN SITU se adiciona y se extiende material de mejoramiento con la granulometría necesaria, siempre procurando que las capas de material tengan máximo de 30 cm de espesor; luego de extendido el material de aporte se mezcla con el material IN SITU, se aplica agua + *Perma Zyme 11X*, se homogeniza, se extiende, se nivela y compacta. Si los espesores de capas lo requieren, se aplica otra capa sobre la anterior repitiendo el mismo procedimiento.

La principal consideración a tener en cuenta es: con la adición de material se realiza un mejoramiento significativo del suelo IN SITU y se lleva a los requerimientos del multienzimático, es decir las condiciones de gradación y de plasticidad que se requiere.

✓ **Estabilización con material de aporte mezclado IN SITU**

Cuando es requerido estabilizar material totalmente de aporte, se deberá trabajar por capas no mayores a 30 cm, siguiendo la misma forma de trabajo de las dos metodologías anteriores. El material IN SITU se considera como sub-rasante y el material de aporte que se extiende y se trabaja es el material estabilizado.

Es necesario recordar que para aplicar la mezcla agua + *Perma Zyme 11X*, el suelo debe estar lo más disgregado o abierto posible para garantizar que dentro del mismo penetre el *Perma Zyme 11X* exitosamente. Luego de lo anterior, la mezcla se homogeniza, se extiende, se nivela y luego se compacta. Esto se realiza directamente en el sitio donde se dispondrá finalmente el material estabilizado.

✓ **Estabilización con material de aporte mezclado en otro sitio**

Con este procedimiento el suelo a estabilizar inicialmente se encuentra en un sitio diferente al de disposición final; en este lugar se encuentra disgregado, se aplica la mezcla de agua + *Perma Zyme 11X*, se homogeniza y se transporta al sitio donde se

dispondrá finalmente. Luego, en el sitio elegido donde se dispondrá el suelo estabilizado, se extiende la mezcla, se nivela y se compacta.

Este método de estabilización es eficiente en cuanto al ahorro de tiempo, pero siempre y cuando el volumen de estabilización sea grande y se cuente con los equipos de transporte y mezclado necesarios. Debido a que se trabajará con material de aporte, el suelo natural del sitio se considera como sub-rasante.

#### ✓ **Ensayos de control**

Como garantía tangible y medible de los trabajos de estabilización realizados, se deben realizar pruebas IN SITU o de laboratorio con los que se demuestra la acción de *Perma Zyme 11X*.

- Densidades ó pesos unitarios secos en el terreno, por el método que se desee.
- CBR de laboratorio, CBR inalterado o CBR en el terreno (IN SITU).
- Compresiones de cilindros adicionando *Perma Zyme 11X*.
- Medida de deflexiones, por cualquier método.

### **2.3 RECOMENDACIONES GENERALES**

Debido a las experiencias en las diferentes estabilizaciones con *Perma Zyme 11X*, se realizan algunas recomendaciones que se consideran pertinentes.

- Realizar los ensayos de laboratorio necesarios, para el diseño y para la construcción.
- Tomar la humedad presente del suelo antes de aplicar la mezcla de agua + *Perma Zyme 11X*.
- Luego que el agua + *Perma Zyme 11X* se mezcla con el suelo, se tiene 72 horas para dar la compactación y terminación al mismo. Si se sobrepasa este tiempo, se deberá disgregar nuevamente el suelo y reactivar la encima con una solución de 1 parte de *Perma Zyme 11X* + 10.000 de agua y homogenizar.
- Preferiblemente no se debe trabajar bajo condiciones de lluvia, puesto que si el suelo se encuentra disgregado absorberá más agua de la necesaria y se deberá eliminar el exceso de la misma antes de aplicar *Perma Zyme 11X*.
- Como ya se ha descrito en este documento, se deberá calcular la cantidad de agua necesaria que se debe aplicar al suelo dependiendo de la humedad óptima y de la humedad presente del mismo.

- Es importante saber la cantidad de suelo que se trabajará en la jornada, para coordinar maquinaria, volumen de agua, volumen de *Perma Zyme 11X* y demás.
- Como cada suelo reacciona diferente frente a diversas exigencias y la maquinaria difiere en modelo, capacidad y demás, es conveniente realizar una curva de calibración del compactador; esto se realiza tomando referencia de la ganancia o incremento en densidad o peso unitario seco de suelo estabilizado contra el número de pasadas del compactador.
- Se recomienda que la primera pasada del compactador sea sin vibrar y la siguientes vibrando, en cada capa estabilizada.
- Cualquiera sea el método, es mejor nivelar el terreno, si es posible eliminar sobre-tamaños o contaminantes del suelo. Si durante el proceso constructivo o finalizado este se identifican sobre-tamaños o contaminantes, es mejor eliminarlos.
- En lo posible, para obtener resultados mejores, el suelo se debe tratar de llevar a una granulometría o gradación similar a una base granular.



SECSA