INDUPOR® ARGENTINA

Making a Future

TERRAM / MANUAL DE USO, INDICACIONES TÉCNICAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Introducción

Este producto nanotecnológico explota al máximo las propiedades de los coloides naturales de los ligantes hidráulicos, aplicados en el mortero **SUELO + LIGANTE + TERRAM + AGUA.**
Las reacciones producidas por la unión de los geles nanotecnológicos de los ligantes hidráulicos y TERRAM durante el proceso de fraguado, redundarán en los siguientes beneficios:

- Aumento de la Resistencia a la Compresión Simple (RCS).
- Aumento a los esfuerzos de Flexo-Tracción.
- Aumento de la Impermeabilidad
- Reducción del Porcentaje de Hinchamiento.
- Reducción de la Capilaridad.

Es importante por ello, saber la clasificación de los suelos a tratar para fijar la estrategia a utilizar, en beneficio de las prestaciones solicitadas por el cliente y la vida útil de la obra a realizar.

Asimismo, cabe resaltar la marcada influencia de una correcta elección de la maquinaria vial en cuanto al aporte de calidad, resistencia y durabilidad de la obra a realizar.

Contenido

Etapas de trabajo.	4
1). Visita al terreno.	5
2). Trabajos y análisis en campo.	5
- Calicatas.	5
- Ensayo método ASTM 6951, "Penetrómetro Dinámico de Cono".	6
3). Ensayos de laboratorio.	7
- Clasificación de suelos.	7
- Ensayos de compactación (Proctor).	10
- Ensayo de resistencia a la compresión simple.	11
4). Cálculo de costos de materiales e insumos.	12
5). Método constructivo.	13
- Escarificado.	13
- Pulverizado de material escarificado.	13
- Aporte ligante hidráulico.	14
- Mezcla suelo + ligante hidráulico.	14
- Carga de agua y Terram	15
- Riego de hidratación.	15
- Control de humedad.	16
- Mezclado húmedo.	16
- Perfilado.	17
- Rodillo liso.	17
- Neumático.	18
- Pata de cabra.	18
- Rodillo liso vibrador / Rodillo pata de cabra vibrador.	19
- Corte de cancha.	19
- Sellado con TERRAM / Sellado con emulsión asfáltica.	20
- Final de obra.	20

Etapas de trabajo

- **Visita al terreno (observar/ consultar condiciones particulares).**

- **Trabajos y análisis en campo.**
  - Extracción de muestras de suelo (calicatas).
  - Envasado de muestras e identificación de las mismas.
  - Ensayo método ASTM 6951, "Penetrómetro Dinámico de Cono". (opcional)
  - Traslado a laboratorio de suelos.

- **Trabajos en laboratorio / oficinas.**
  - Análisis y clasificación de parámetros geofísicos y mecánicos.
  - Determinación de la estrategia de trabajo.
  - Cálculo de costos, materiales, insumos, maquinarias y RR.HH.
  - Etapa de presupuestación y emisión de la Orden de Compra.
  - Adquisición de materiales.

- **Logística, traslado e inicio de obra.**

- **Ejecución de obra.**
  - Escarificado.
  - Pulverizado del suelo a estabilizar.
  - Aporte del ligante hidráulico indicado.
  - Homogeneizado del SUELO + LIGANTE.
  - Preparación de solución acuosa: AGUA + TERRAM.
  - Hidratación.
  - Mezclado.
  - Perfilado.
  - Compactación.
  - Corte de la cancha.
  - Sellado.
  - Aplicación capa de rodaje.

1). Visita al terreno

Esta fase, por más simple que se aprecie, suministra un nutrido bagaje de información, imprescindible para la toma de decisiones estratégicas respecto de la futura obra.
Es muy importante la agudeza de la vista y el oído para incorporar detalles, aspectos y comentarios que puedan luego ayudar a la corrección o incorporación de procedimientos, con el objetivo de entregar un trabajo mejor realizado y lograr la satisfacción del cliente.
A modo de guía, y no circunscripto exclusivamente a ellos, a continuación se enumera una serie de aspectos a tener en cuenta durante la visita a terreno o charla de aproximación al futuro contratante.

- Tipo/característica del tránsito: intensidad, distribución de pesos por ejes, dirección predominante, proyección del incremento de tránsito luego de construida la vía.
- Vegetación lindante (tipo, característica).
- Régimen de lluvias anuales (resaltar período de mayores precipitaciones).
- Existencia de canteras, yacimientos pétreos o calcáreos en la zona (estimar distancias al más próximo).
- Existencia de fuentes de agua dulce en la zona (características del agua).
- Vivencias de los usuarios del lugar, referidas el tránsito sobre la vía que se desea realizar o construir.

2). Trabajos y analisis en campo

CALICATAS

Las **calicatas** o **catas** son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico y edafológico del terreno.
Estas nos permitirán estudiar las condiciones de suelos, que sumadas a los requerimientos específicos solicitados utilizaremos para elaborar el proyecto, así como también el plan de trabajo.

Se procederá al guardando del suelo extraído en envoltorios o envases separados, debidamente señalizados e identificados, indicando la profundidad que la cual pertenece.
Se tomarán tantas calicatas como las características del trabajo así lo requieran, debiéndose considerar como mínimo:

- Una calicata cada 500 mts lineales, en obras de rutas, pistas o senderos.
- Tres calicatas por hectárea, cuando se trate de playones.

ENSAYO MÉTODO ASTM 6951, "PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO".

Se trata de un dispositivo usado para evaluar la resistencia de suelos inalterados y/o compactados.
El Penetrómetro Dinámico de Cono (D.C.P) es una herramienta simple y sencilla que permite realizar de una manera expeditiva, una auscultación in situ de las capas de suelo.
La penetración medida es una función de la resistencia al corte “in situ” de los materiales y el perfil de resistencia en profundidad, dando una indicación de las propiedades de los materiales de todas las capas de la estructura hasta la profundidad de auscultación determinada.

El principio de funcionamiento es muy simple: una sonda con su extremo en forma de cono penetra a través de las capas en forma continua bajo la acción dinámica de una masa M (8 kg) que cae libremente desde una altura H, ambas fijas y preestablecidas.
También se puede estimar la densidad del suelo, si se conoce su clasificación y su contenido de humedad.

3). Ensayos en laboratorio

Para la utilización de este producto nanotecnológico, se prevén los siguientes análisis de laboratorio a partir de la toma de muestras correspondientes calicatas (cantidad y ubicación de acuerdo a la obra proyectada):

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

- Granulometría
- Límite líquido (LL) ó (WL)
- Límite plástico (LP)
- Índice de plasticidad (IP)
- Clasificación HRB

Las tareas de laboratorio buscarán determinar la composición granulométrica, así como también, las propiedades físicas y mecánicas de los suelos extraídos en las respectivas calicatas.
Para ello, y dependiendo del porcentual de pasaje por diferentes tamices reglamentados por la norma (N° 10; N° 40 y N° 200), los suelos se dividirán en dos grandes grupos:

- Suelos granulares
- Suelos finos

La siguiente tabla ilustra un cuadro de clasificación AASHTO:

Clasificación General	Suelos Granulares (≤ 35% pasa 0,08 mm)							Suelos Finos (> 35% bajo 0,08 mm)			
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				≥ 36			
WL				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
** A - 7 - 5 : IP ≤ (WL - 30)						** A - 7 - 6 : IP > (WL - 30)					
IG = (B / 0,08 - 35)(0,2 + 0,005 (WL - 40)) + (B / 0,08 - 15)(IP - 10) x 0,01 * Para A - 2-6 y A - 2-7: IG = (B / 0,08 - 15)(IP - 10) x 0,01 Si el suelo es NP → IG = 0; Si IG < 0 → IG = 0											

El valor obtenido para el Índice de Plasticidad (IP), es de suma importancia en la determinación de pre-tratamientos, los que repercutirán en la ecuación de costeo de la obra.

- **Suelos Granulares (Grupos A-1, A-2 Y A-3)**

Son aquellos que tienen 35%, o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200 (0.075 mm).

- Grupo A-1: Comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra grava, arena y material ligante poco plástico.

- Subgrupo A-1a: Comprenden aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.

- **Subgrupo A-1b:** Comprende aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa y con, o sin, material ligante bien graduado.

- **Grupo A-2:** Incluye una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% de material fino.

- **Subgrupo A-2-4 y A-2-5:** Pertenecen a estos subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5, respectivamente.

- **Subgrupo A-2-6 y A-2-7:** Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción del tamiz que pasa el tamiz N°40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente.

- **Grupo A-3:** En este grupo se hallan incluidas las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye, además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

- **Suelos Finos Limo Arcillosos (Grupos A-4, A-5, A-6 Y A-7)**

Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz N° 200.

- **Grupo A-4:** Pertenecen a este grupo los suelos limosos y poco o nada plásticos, que tienen un 75% o mas del material fino que pasa el tamiz N°200. Además se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64%.

- **Grupo A-5:** Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tienen u limite líquido elevado.

- **Grupo A-6:** El material típico de este grupo es la arcilla plástica, por lo menos el 35% de estos suelos debe pasar el tamiz N° 200 pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

- **Grupo A-7:** Los suelos de este grupo son semejantes a los del A-6, pero son plásticos y de limites líquidos elevados.

- **Subgrupo A-7-5:** Incluye aquellos materiales cuyos IP no son muy altos con respecto a sus limites líquidos.

- **Subgrupo A-7-6:** Comprende aquellos suelos cuyos IP son muy elevados con respecto a sus limites líquidos y que además experimentan cambios de volumen muy grandes entre sus estados seco y húmedo.

ENSAYOS DE COMPACTACIÓN

Para entender la mecánica del suelo a trabajar, es necesaria la realización de ensayos de compactación o también denominados Ensayos Proctor.
A través del Proctor, es posible determinar la Humedad Optima con la que se obtiene el mayor valor del Peso unitario, llamado Densidad Seca Máxima.

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados:
- Ensayo Proctor Normal
- Ensayo Proctor Modificado

La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada.
De esta forma se determina la máxima densidad posible lograda para suelo en determinadas condiciones de humedad.
El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener el punto de compactación máxima en el cual se obtiene la humedad óptima de compactación.
El ensayo puede ser realizado en tres niveles de energía de compactación, conforme las especificaciones de la obra: normal, intermedia y modificada.

La energía de compactación viene dada por la ecuación: $$Y = \frac{n \cdot N \cdot P \cdot H}{V}$$

Dónde:

- Y - Energía a aplicar en la muestra de suelo
- n - Número de capas a ser compactadas en el cilindro de moldeado
- N - Número de golpes aplicados por capa
- P - Peso del pisón
- H - Altura de caída del pisón
- V - Volúmen del cilindro

El Grado de compactación de un terreno se expresa en porcentaje respecto al ensayo Proctor; es decir, una compactación del 95% de Proctor, quiere decir que se alcanza el 95% de la máxima densidad posible para ese terreno.

Las principales normativas que definen estos ensayos son las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing Materials, Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Proctor estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado. En Argentina los ensayos se establecen a través de las normas VN-E5-93 “Compactación de Suelos” así como también, VN-E19-66 “Compactación de Mezclas de Suelo- cal y Suelo-cemento”. En España existen las normas UNE 103-500-94 que define el ensayo de compactación Proctor normal y la UNE 103-501-94 que define el ensayo Proctor modificado.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

Este es un ensayo de tipo destructivo, donde una probeta normalizada es sometida a la carga / compresión de una prensa hidráulica, que mediante un aro específico y calibrado se transmite el esfuerzo a un instrumento de medición adaptado, en el cual se registra la carga a la cual la probeta fabricada colapsa.

4). Cálculo de costos de materiales e insumos

Básicamente el armado del mortero requiere de los siguientes productos e insumos:

- Suelo nativo, libre de residuos vegetación y materia orgánica.
- Ligante hidráulico (cemento portland común o cal aérea hidratada ó de uso vial).
- TERRAM.
- Agua dulce limpia, no necesariamente potable.
- Estabilizado Granular de origen Natural o Comercial (opcionalmente en algunos casos puntuales).

El costo de RR.HH. para la obra es de baja incidencia, y sólo se circunscribe para tareas auxiliares, donde no se requiere capacitación alguna.
El costeo de la maquinaria deberá ser calculado en función de los tiempos de trabajo y avance de obra requeridos.
A modo orientativo, se detallan las máquinas mínimas necesarias para un trabajo, a saber:

- Motoniveladora con escarificador.
- Tractor con equipo de arado (mixer).
- Cisterna de riego.
- Elementos de compactación (pata de cabra - rodillo liso - neumático).

5). Método constructivo

ESCARIFICADO

PULVERIZADO DE MATERIAL ESCARIFICADO

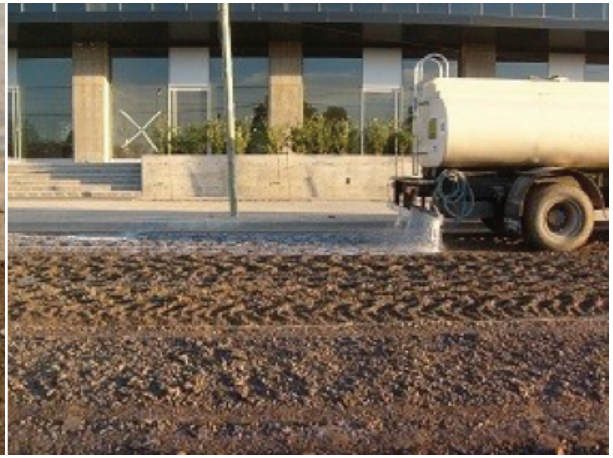
APORTE DE LIGANTE HIDRÁULICO

MEZCLA DE SUELO + LIGANTE HIDRÁULICO

CARGA DE AGUA Y TERRAM

RIEGO DE HIDRATACIÓN

CONTROL HUMEDAD



MEZCLADO HÚMEDO

PERFILADO

RODILLO LISO

NEUMÁTICO

PATA DE CABRA

RODILLO LISO VIBRADOR

RODILLO PATA DE CABRA VIBRADOR

CORTE DE CANCHA

SELLADO CON TERRAM

SELLADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

FINAL DE OBRA

INDUPOR® ARGENTINA

www.induporargentina.com
info@induporargentina.com
Santa Elena 344 / Inriville (Cba.)
(03467) 487025 / 154 19790
(0387) 154 494149