OBJETO

El presente documento recoge la información genérica sobre la utilización de nanomateriales en base organosilano soluble en agua (**Terrasil y Terrasil** +) en el ámbito de estabilización de suelos.

ACERCA DE OPTIMASOIL

La empresa **OptimaSoil** es una empresa fundada en 2009 y especializada en el desarrollo y comercialización de Nanotecnología para distintas aplicaciones, aportando valor añadido de servicio, operatividad, calidad y economía. La empresa **Zydex Industries** revoluciona el mercado de los polímeros y de la nanotecnología, desde su creación en 1997, su pilar es el desarrollo de químicos ecológicos y sostenibles para el sector de la Agricultura, Industria textil y Construcción.

La aplicación de la nanotecnología en las infraestructuras como carreteras, caminos sin asfaltar o rurales, edificaciones, puentes o pistas de aterrizaje, tanto a gran o como a pequeña escala supone una mejora de la vida útil y un ahorro de coste en tanto que la nanotecnología supone una reducción del mantenimiento a medio-largo plazo.

La tecnología que ofrece **OptimaSoil** es un pilar fundamental para las principales empresas privadas y públicas que requieren de adelantos tecnológicos que permitan construcciones con menor mantenimiento, más duraderas y menor inversión inicial.

OptimaSoil está formada por varias empresas teniendo su sede principal en Madrid y sus delegaciones en Colombia y México y Brasil, además colabora y da asistencia técnica en otros países como Perú, Ecuador y Centroamérica.

Adicionalmente, **OptimaSoil** asesora a Zydex Industries en el desarrollo de nuevas soluciones y mejoras de los productos.

OptimaSoil ha participado en congresos a nivel mundial para exponer los usos y ventajas de la nanotecnología, compartiendo los pilares básicos de sus aplicaciones en el campo de actividad de carreteras sostenibles, protección de hormigón, agricultura e impermeabilización, aplicada tanto a grandes infraestructuras como a proyectos más concretos, como por ejemplo, el revestimiento de fachadas de instalaciones públicas, para reducir costes de mantenimiento importantes para un municipio.

PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS INTERNACIONALES Y PREMIOS A TECNOLOGÍA

El compromiso con la tecnología nos hace estar presentes en los Congresos más importantes a nivel mundial , algunos de los congresos con participación en los últimos años son:

- Congreso, The International Road Federation (IRF) que otorgó en el año 2013 **el premio a la mejor tecnología"Nano Technology for Chemically Bonded Asphalt Binders".**
- 8vo Congreso Méxicano del Asfalto " Transformación en movimiento", Agosto 2013
- Congreso Marico Innovation Foundation entregó el **premio a la mejor innovación en el año 2014.**
- Congreso Corasfaltos, Agosto 2014, Colombia
- Congreso Nacional del Asfalto Lima (Perú), Noviembre 2014.
- Asociación Peruana y Congreso Nacional del Concreto 2014.
- Congreso World of Asphalt 2015, Marzo 2015.
- 9vo Congreso Mexicano del Asfalto "Preservación y Sustentabilidad de los Pavimentos Asfálticos", Agosto 2015.
- XX Congreso Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos, Septiembre 2015.
- Congresos de Infraestructura de la Cámara de Comercio de Colombia
- Congreso Ibero Latinoamericano (CILA) en Guadalajara (México) 2019

TERRASIL Y TERRASIL +

Descripción

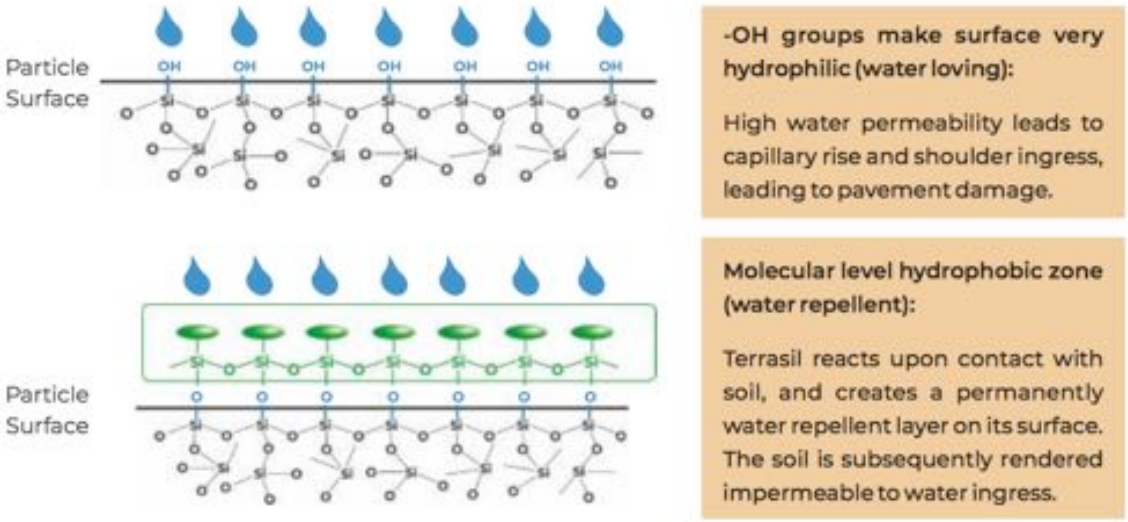
Terrasil es un impermeabilizante a escala nanométrica, reactivo, permanente y soluble en agua que tiene su aplicación en el ámbito de la estabilización de suelos entendida como la mejora de las propiedades mecánicas e hidráulicas y el mantenimiento de las mismas frente al paso del tiempo y de la carga.

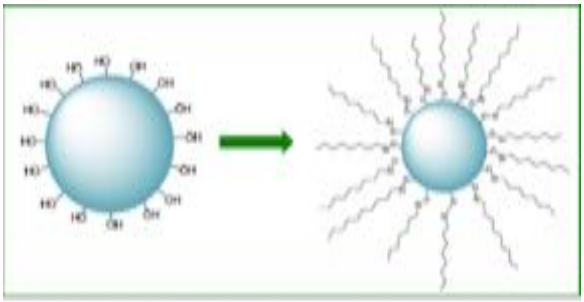
Se trata de un organosilano de quinta generación, reactivo a temperatura ambiente, soluble en agua y betún y estable hidrolíticamente. Proporciona una impermeabilización permanente a los áridos, al mismo tiempo que mejora la compactación incluso con menor humedad de compactación.

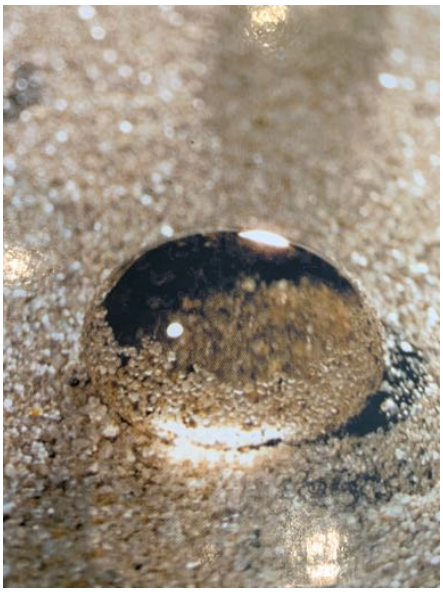
Principio de funcionamiento

Las moléculas de Terrasil se diluyen en agua a temperatura ambiente. Al entrar el agua con Terrasil en contacto con el suelo, las moléculas de Terrasil son atraídas por los grupos polares (Grupo Silanol) del suelo y quedan adheridas hasta que el agua se evapora, momento en el que forman un enlace químico covalente por condensación. Ese enlace (Siloxano) es extremadamente fuerte y no se revierte en condiciones de humedad, radiación ultravioleta o temperatura.

Una ver el árido queda recubierto por cientos de millones de moléculas hidrofóbicas, el suelo será repelente al agua, lo cual tiene un efecto muy importante sobre las características del suelo.



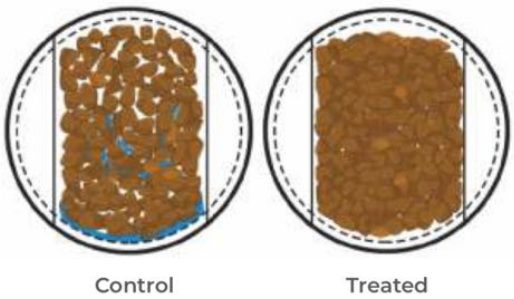




EFECTO EN LA DENSIDAD MÁXIMA Y COMPACTACIÓN

Al añadir Terrasil al agua de compactación se produce una extraordinaria lubricación de la partículas del suelo, que presentan menor rozamiento entre ellas, mejorando la redistribución de las partículas y la eficiencia del esfuerzo de compactación.

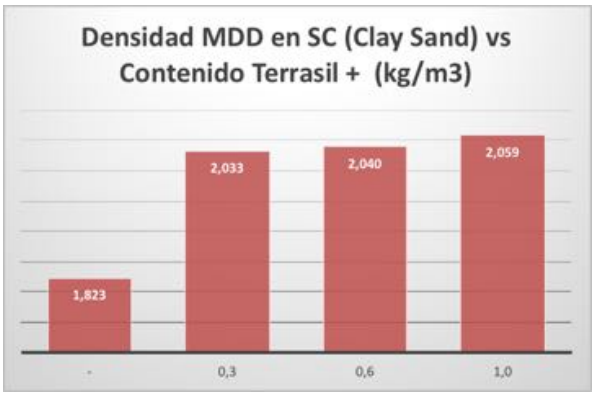
En habitual conseguir en condiciones de obra densidades de entre el 99%-103% de la densidad máxima conseguida en laboratorio incluso en condiciones de humedad ligeramente diferentes al óptimo de compactación.



CONTROL DE DENSIDADES - METODO DEL CONO DE ARENA

N° DE CAPAS	UBICACIÓN DE LA PRUEBA	LADO DE ENSAYO	ESPSOR DE LA CAPA	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO	CONTENIDO DE HUMEDAD CAMPO	DENSIDAD MAXIMA	DENSIDAD CAMPO	% COMPAC.
Base Estabilizada	2039+120	Izquierdo	0.11	8.5	10.2	2.111	2.09	99.1
Base Estabilizada	2039+140	Derecho	0.10	8.5	10.5	2.111	2.08	98.3
Base Estabilizada	2039+160	Izquierdo	0.115	8.35	9.3	2.116	2.09	99.0
Base Estabilizada	2039+180	Derecho	0.10	8.35	9	2.116	2.12	100.0
Base Estabilizada	2039+210	Izquierdo	0.11	8.35	8.9	2.116	2.12	100.0
Base Estabilizada	2039+240	Derecho	0.11	8.35	9.3	2.116	2.10	99.0

Densidades Medidas en Campo, Obrainsa, Tramo vial del Norte (2013)



Densidades de laboratorio de distintos tipos de suelo con variaciones de contenido de Terrasil + (0-1 kg/m3). Fuente: Laboratorio Zydex Industries.

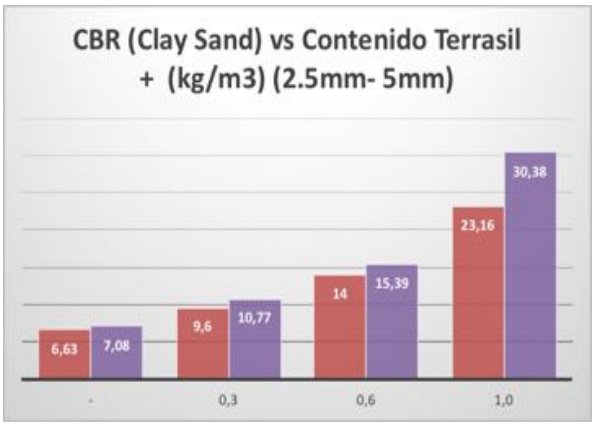
EFECTO EN CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO – CBR –UCS- MR

La reorganización de las partículas derivada de la mayor lubricación inicial, la mayor densidad y el hecho de que la humedad no pueda propagarse con facilidad, produce incrementos importantes en la capacidad de soporte del suelo, demostrada en varios artículos y en múltiples ensayos, independientemente del método de medida utilizado.

CBR (California Bearing Ratio)

Dependiendo de la dosificación del producto y el tipo de suelo los incrementos de la capacidad de soporte medida mediante el ensayo CBR aumentan entre un 200% y un 400% siendo los suelos más extremos (CBR<4% y CBR>50%) los que menor ganancia presentan.

En general el CBR aumenta con el tiempo de curado.



Densidades de laboratorio de distintos tipos de suelo con variaciones de contenido de Terrasil + (0-1 kg/m3). Fuente: Laboratorio Zydex Industries.

DOSIFICACION DE LAS MUESTRAS CON DIFERENTES COMBINACIONES		NATURAL	TERRASIL 1Kg/m³	TERRASIL 0.5 Kg./m³ + 1% de cemento
PROCTOR	Máxima Densidad Seca	2.102	2.111	2.116
	Optimo Contenido de Humedad	8.78	8.5	8.35
C.B.R.	(100% M.D.S.) **0.1"**(4 días de curado)	52.5%	85.2%	110.2%
	(95% M.D.S.) **0.1"** (4 días de curado)	38.6%	68.3%	83.4%
	(100% M.D.S.) **0.2"** (4 días de curado)	73.2%	150.8%	171.8%
	(95% M.D.S.) **0.2"** (4 días de curado)	56.5%	129.4%	153.6%

Tabla 2. Resultados de CBR de suelos compactado en laboratorio

Muestra	CBR (0.1")	CBR (0.2")
Sin aditivar	5.4	9.9
Aditivada con 1 l/m³ de Terarasil	19.4	28.9
Aditivada con 0.5 l/m³ de Terarasil	63.1	60.8

Ejemplos de medidas de CBR en proyectos Perú (Obrainsa) y Colombia (El Condor, informe CL-026-14-126-01

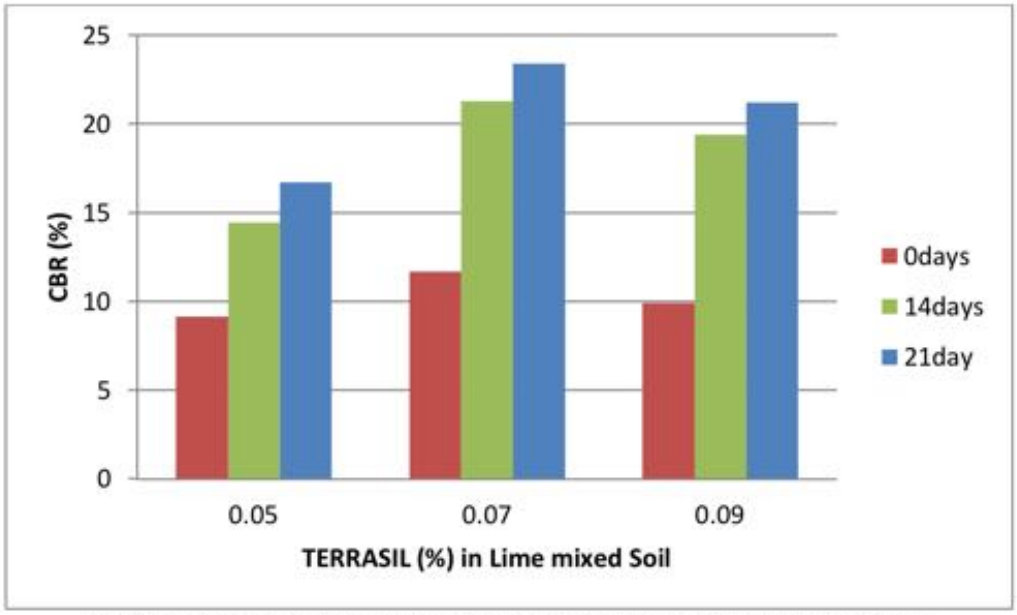


Fig 2: Variation of CBR values with Terrasil (%) at different curing period

Repercusión del tiempo de curado en un suelo tratado con Terrasil y cal (2%). Fuente: International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) :Effect of Terrasil on Geotechnical Properties of Expansive Soil Mixed With Lime. Ajay Kumar Pandagre Rajesh Jain

Table-5 CBR Test Results (Tr. = Terrasil)

Sample	CBR (%)			
Curing (Days)	7	14	28	60
Untreated Soil	8	10	11	14
Soil+Cement	18	30	32	35
Soil+1% Tr.	25	24	21	25
Soil+1% Tr.+Cement	36	38	45	55
Soil+1.5% Tr.	39	29	35	40
Soil+1.5% Tr.+Cement	48	55	60	78
Soil+2% Tr.	36	29	60	76
Soil+2% Tr.+Cement	46	50	61	76

Efecto del tiempo de curado en el CBR en muestras de Terrasi y Terrasil con cemento. TY - BOOK

Ravi Shankar, A.,B J, Panditharadhya 2017/12/1. Laboratory Investigation of Lateritic Soil treated with Terrasil and Cement

Módulo Resiliente (Mr)

El efecto sobre el módulo resiliente de la estabilización con Terrasil es muy importante y las ganancias se obtienen en todo el rango de presiones de confinamiento de carga cíclica incluso a dosificaciones reducidas de Terrasil (0.3-0.5 kg/m3)

Las mejoras en el módulo resiliente repercuten de forma notable en la reducción de espesores y en la mejora de la durabilidad de las vías.

Según los criterios de la normativa AASHTO, todo valor superior a 40.000 psi (275 Mpa) para bases y subbases debe ser descartado para reducción de espesores.

Con Terrasil es relativamente sencillo conseguir esos valores máximos en subbase y base granular.

MODULO RESILIENTE EN SUBBASE

En el siguiente caso un Mr de 70 Mpa (10.000 psi) pasan a ser unos 270 Mpa (39500 psi) con 0.4 kg/m3 de Terrasil

Tabla 6. Resumen de datos Ensayo Triaxial

ENSAYO DE MODULO RESILIENTE PARA BASES Y SUB-BASES GRANULARES (TRIAXIAL DINAMICO)			
TIPO DE MATERIAL: Suelo Granular sin tratar al 100% de próctor			
SERIE No.	MODULO RESILIENTE ---> M_R (MPa)		
	P1	P2	PROMEDIO
1	59,42	75,78	67,60
2	69,12	82,36	75,74
3	75,45	87,26	81,35
4	79,12	87,99	83,55
5	83,97	91,19	87,58
6	55,15	68,77	61,96
7	61,87	73,94	67,91
8	71,33	82,68	77,00
9	79,32	89,59	84,46
10	86,55	96,51	91,53
11	55,05	70,44	62,74
12	63,07	75,12	69,09
13	72,53	83,40	77,97
14	81,28	91,69	86,48
15	88,92	99,21	94,06

Tabla 12. Resumen de datos Ensayo Triaxial

ENSAYO DE MODULO RESILIENTE PARA BASES Y SUB-BASES GRANULARES (TRIAXIAL DINAMICO)			
TIPO DE MATERIAL: Suelo Granular tratado con Terrasil al 100% del próctor			
SERIE No.	MODULO RESILIENTE ---> M_R (MPa)		
	P1	P2	PROMEDIO
1	254,64	264,23	259,44
2	296,84	295,02	295,93
3	309,70	303,90	306,80
4	317,65	313,20	315,43
5	333,90	319,79	326,85
6	242,89	262,66	252,78
7	272,53	281,05	276,79
8	299,71	296,79	298,25
9	320,78	310,25	315,52
10	334,65	321,59	328,12
11	246,79	258,46	252,63
12	277,84	279,72	278,78
13	300,38	295,39	297,88
14	320,23	309,94	315,09
15	340,82	324,47	332,65

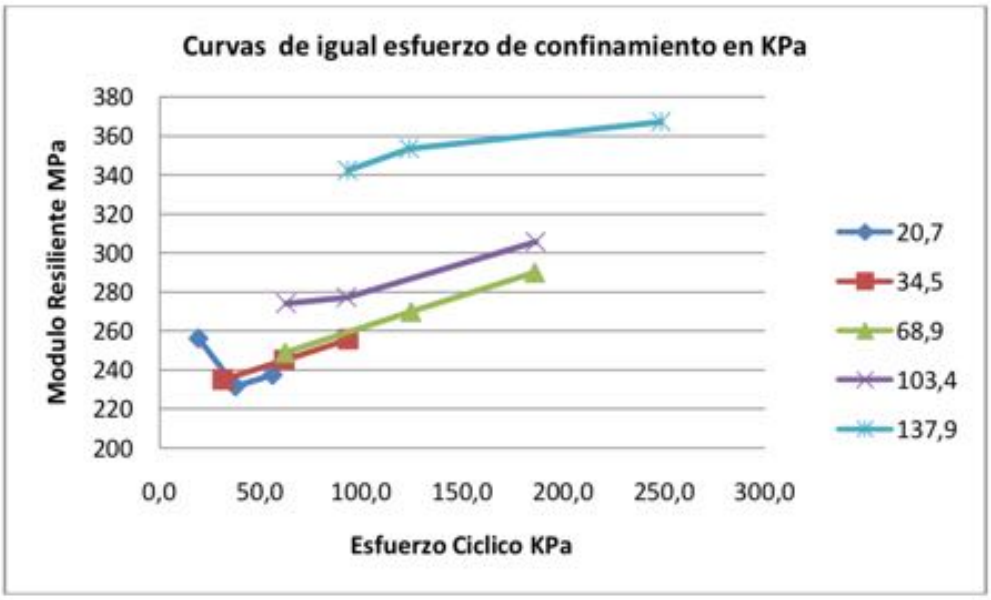
Fuente: Humberto Quitero: Ensayos Mr de subbase Granular de Chingaza

EFECTO EN EL MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES.

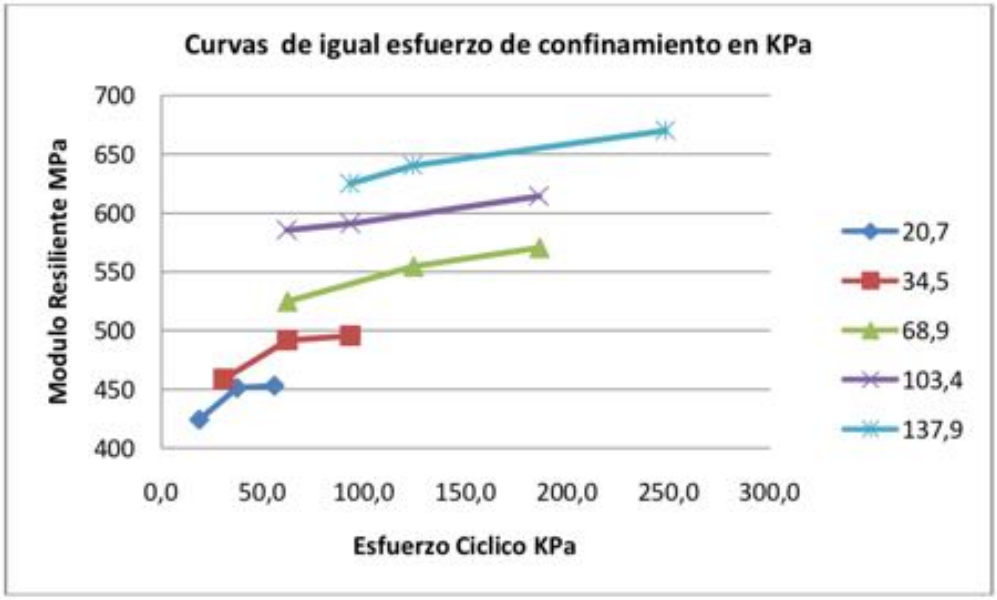
Terrasil mejora de forma importante el módulo resiliente (Mr) de los materiales, como ejemplo se indican el material de una base granular.

Cabe notar que aunque el incremento del módulo obtenido con Terrasil es mayor, el diseño está limitado a Mr de 40.000 psi por lo que no refleja todo el potencial de la solución.

Gráfica 9. Gráfica de datos Ensayo Triaxial **Suelo original (G-187-14-2 y -4)**



Gráfica 11. Gráfica de datos Ensayo Triaxial **Suelo con 0.3 Adit. (G-187-14-2 y -4)**

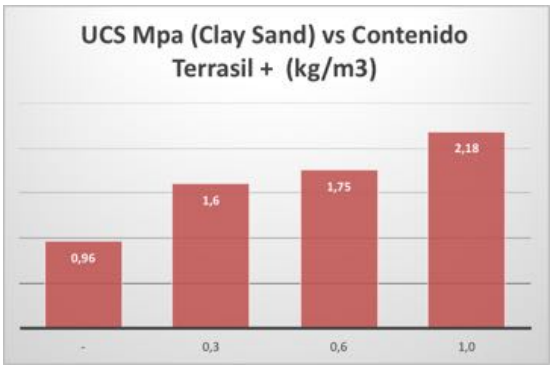


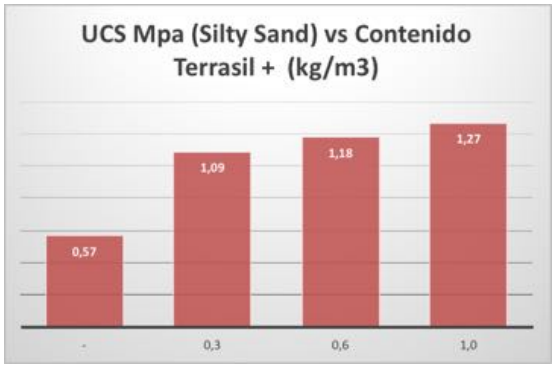
Fuente: Corasfaltos: Caracterización de bases estabilizadas de Obrainsa

Compresión no confinada (UCS)

Dado que Terrasil no es un material cementante, el ensayo de compresión no confinada especialmente en secor arroja incrementos reducidos (comparados con estabilizadores cementantes)

No obsante se pueden esperar incrementos de al menos un 30% -100% dependiendo de la naturaleza cohesiva o no cohesiva del material.





Fuente: Laboratorio de Zydex Industries

Las mejoras en los valores de compresión no confinada también son dependientes del tiempo de curado de las muestras y se observan tanto en Terrasil como en la combinación de Terrasil con cemento o cal.

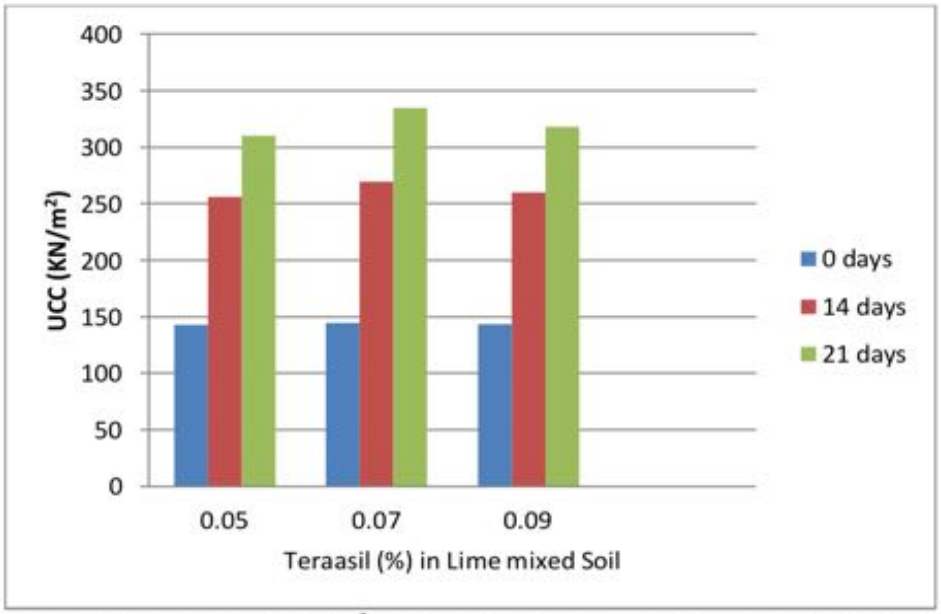


Fig 1: Variation of UCC (KN/m^2) values with Terrasil (%) at different curing period

Fuente: International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) : Effect of Terrasil on Geotechnical Properties of Expansive Soil Mixed With Lime. Ajay Kumar Pandagre Rajesh Jain

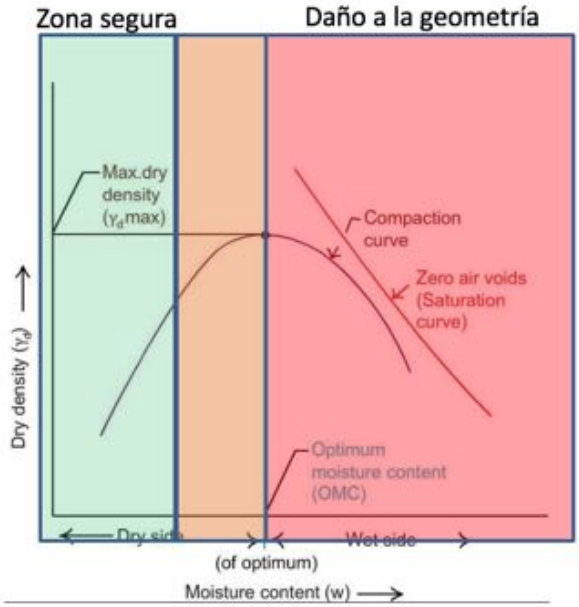
EFECTO SOBRE LA PERMEABILIDAD.

Con dosificaciones bajas de Terrasil, se reduce la succión mátrica del suelo y la permeabilidad en saturación, por lo que el suelo se mantendrá por debajo de la humedad de saturación (condición de insaturación) durante toda la vida útil de la vía.

En condición de insaturación, el suelo se comporta de forma elástica, sin sufrir deformaciones permanentes y, si la carga máxima aceptable (diseñada a partir del módulo Resiliente) es la adecuada, la capa de suelo tratado no se fatigará

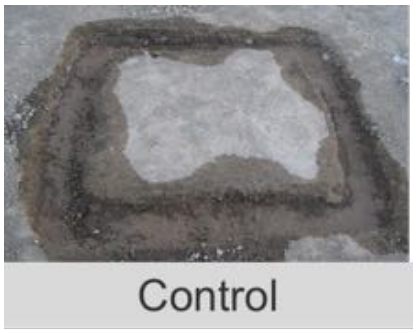
Detalle de zona impermeabilizada con Terrasil

Fuente: Zydex Industries (USA)



Fuente: Optimasoil, presentación a Invias

Adicionalmente, se reduce o elimina la absorción por capilaridad y el hinchamiento libre, Siempre que los suelos tengan un hinchamiento libre inferior al 20%, se podrá llegar al no hinchamiento.



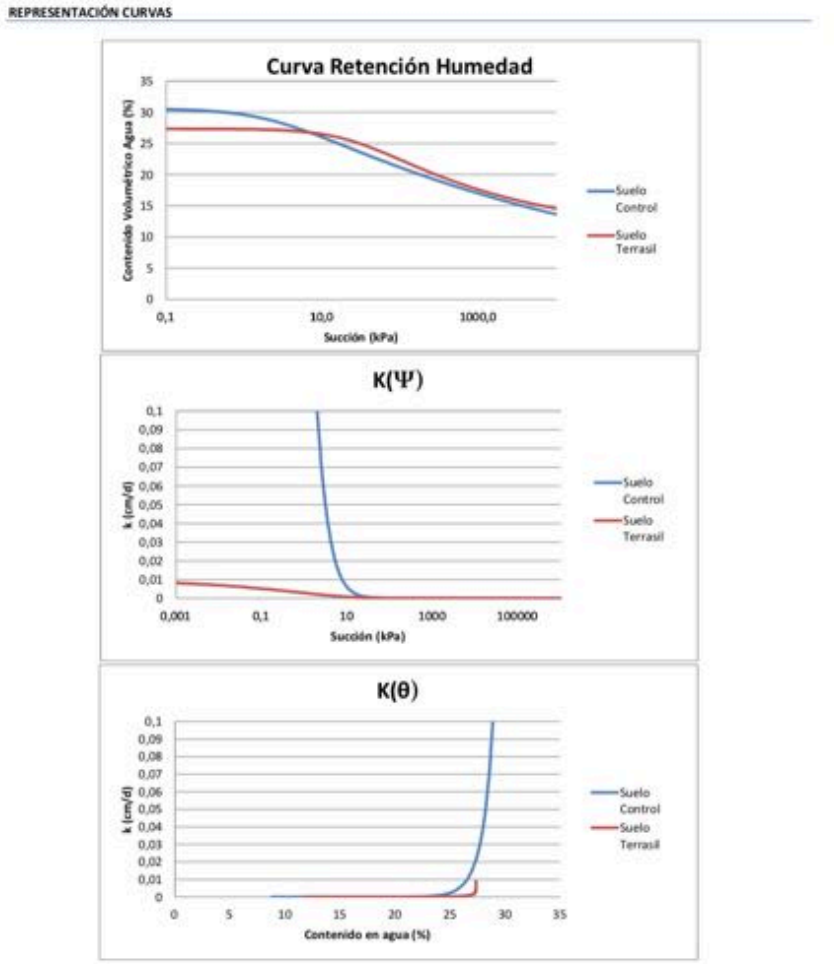
Fuente: Optimasoil, ensayo de campo validación capilaridad en 8 horas

Table 3. Permeability tests on local and treated soils

Soil type	Local soil	Soil treated with zycobond	Soil treated with Terrasil
Coefficient of permeability, k (cm/s)	9.77×10^{-7}	1.26×10^{-6}	Impermeable

PADMAVATHI, V., NIRMALA PETER, E. C., RAO, P. N., & PADMAVATHI, M. (2018). STABILIZATION OF SOIL USING TERRASIL, ZYCOBOND AND CEMENT AS ADMIXTURES. LATEST THOUGHTS ON GROUND IMPROVEMENT TECHNIQUES, 163–170.

Adicional a la menor permeabilidad, absoluta, los valores de permeabilidad en todos los rangos de humedad son prácticamente nulos hasta que se alcanza la humedad de saturación. Aún en este caso, el coeficiente de permeabilidad es muy reducido y equivalente a 0.01 cm /día.



Variación de las propiedades hidráulicas (Succión, Permeabilidad) . Fuente Lab Ferrer

EFECTO EN OTROS ENSAYOS

Adicional a los ensayos mencionados anteriormente, contamos con amplia y variada información sobre el efecto de Terrasil en suelos en evaluados bajo otros métodos que buscan resolver problemáticas concretas de una vía y que se mencionan brevemente aquí:

Ensayo de durabilidad de suelo cemento:

El ensayo de durabilidad supone someter las muestras a 12 ciclos de humedad-sequedad-abrasión con una pérdida máxima del 2% de la masa.

Los suelos tratados con Terrasil y cemento superan los 12 ciclos mientras que los suelos solo con Terrasil o solo con cemento no pueden superar el ensayo.

Un suelo sin tratar no superaría el primer ciclo y un suelo con cemento solo superaría solo 4 ciclos.

Table 4: Wetting and Drying test results for stabilized soil

Sample	No. of Cycle pass	Weight loss
Untreated Soil	Fail	-
Soil + 3% cement	4	-
Soil+3% Cement+0.75 kg/m³ (T) + 0.75 kg/m³ (Z)	12	<2%
Soil+ 0.75 kg/m³ (T) + 0.75kg/m³ (Z)	2	-

From the Table 4 it is found that stabilization of soil with 3% cement, Terrasil & Zycobond passes the criteria in wetting and drying cycle test where the loss of weight is less than 2%.

Fuente .PERFORMANCE OF NANO- MATERIALS STABILIZED SOIL FOR CONSTRUCTION OF PMGSY ROADS. Khusboo Arora1 & Dr. Pramod Kumar Jain2

Tracción indirecta

Es un ensayo que se realiza a materiales cohesivos o en presencia de cemento.

En general, Terrasil al no ser cementante no tendría que aumentar el valor de tracción indirecta y , sin embargo si se ha observado este efecto tanto en suelos con Terrasil como en suelos con Terrasil y cemento y en suelos con Terrasil y emulsión asfáltica en baja dosificación

Laboratory Investigation of Lateritic Soil treated with Terrasil and Cement

Table-6 IDT Test Results

Sample	IDT Strength (kPa)			
Curing (Days)	**7**	**14**	**28**	**60**
Untreated Soil	17	28	41	55
Soil+Cement	52	94	132	160
Soil+1% Tr.	69	85	67	75
Soil+1% Tr.+Cement	207	296	208	250
Soil+1.5% Tr.	63	86	88	101
Soil+1.5% Tr.+Cement	252	275	308	364
Soil+2% Tr.	41	61	75	77
Soil+2% Tr.+Cement	265	291	331	386

Ravi Shankar, A.,B J, Panditharadhya 2017/12/1. Laboratory Investigation of Lateritic Soil treated with Terrasil and Cement

Adicional al incremento en tracción indirecta, se observa un mayor TSR (Ratio entre la tracción en seco e inmersión)

Stabilising Agent	**SS60 anionic nano-modified emulsion (NME) with organo-silane and nano-polymer additives**				**Standard SS60 anionic emulsion without any additives**			
% of stabilising agent added	0.7% per mass				0.7% per mass			
% of cement content	None				None			
Optimum Moisture Content (OMC) %	6.0				6.0			
Sample Diameter (mm)	150mm Φ Sample				150mm Φ Sample			
Test Performed	UCS (Dry)	UCS (Wet)	ITS (Dry)	ITS (Wet)	UCS (Dry)	UCS (Wet)	ITS (Dry)	ITS (Wet)
Test and curing Protocol	Jordaan et al., 2017b	Jordaan et al., 2017b	Jordaan et al., 2017b	Jordaan et al., 2017b	Jordaan et al., 2017b	Jordaan et al., 2017b	Jordaan et al., 2017b	Jordaan et al., 2017b
Test 1 (kPa)	2316	1901	192	197	2197	592	158	35
Test 2 (kPa)	2662	1913	173	161	2169	593	140	33
Test 3 (kPa)	2311	1955	172	114	2288	488	137	41
Average (kPa)	**2430**	**1923**	**179**	**158**	**2218**	**558**	**145**	**36**

*Fuente: LABORATORY EVALUATION OF ROAD CONSTRUCTION MATERIALS ENHANCED WITH NANO-MODIFIED EMULSIONS (NMEs) I Akhalwaya and FC Rust**

Estabilidad y Flujo Marshall.

Un suelo con buena graduación combinado con cemento (1%-3%), Zycobond y Terrasil tendrá una capacidad de soporte superior al de una mezcla asfáltica mantiendo las características de flexibilidad de la misma y una excelente resistencia a la humedad.

Estas capas de "Super Suelo" pueden usarse como sustitución de capas de base asfáltica y aportan una estructura excelente a la vía.

En estos casos, sugerimos ensayar la estabilidad de Marshall en inmersión en agua a 60ºC y comprobar su durabilidad con el tiempo.

Marshall Stability					
Sr no.	GSM(70:30) GSB: Soil (4-6) % CBR	Stability @ 60°C (KN) & Flow Value (mm)			
		24 Hrs.	3 Days	7 Days	15 Days
1	GSM+ 1.6 kg/m3 TS + 2.0 Kg/m3 ZB + 3% Cement	34.3 KN - 1.08 mm	30.7 KN - 2.59 mm	28.3 KN - 2.85 mm	28.0 KN -2.9 mm

Fuente: Laboratorio Suelos Zydex Industries. Gujarat

Adicional, se pueden realizar ensayos de fatiga como el ensayo de fatiga a flexión de viga en tres puntos, con el objetivo de asegurar su durabilidad en el tiempo.

Flexural Fatigue Beam Test

Beam fatigue properties are important because one of the principal modes of failure is fatigue related cracking. Usually failure is defined as 50% loss in initial beam stiffness but after 2,560,000 cycles stiffness is still 80% of the initial stiffness which indicates that development of crack during fatigue is effectively resisted by the stabilized soil with nano- materials along with cement. This is because the nanotechnology based stabilizers works well with the combination of cement and makes the soil stiff, by forming highly stable water repellent alkyl siloxane bonds which improves the strength of the soil sub-grade. Therefore, the result shows that stabilized gravel road alone is sufficient considering the traffic loads in rural areas.

Table 5: Result of Beam Fatigue Test

Sample	Initial Stiffness	Stiffness Reached	No. of cycles
Soil+3% Cement+0.75 kg/m³ (T) + 0.75 kg/m³ (Z)	442	360	2,560,000

Fuente: PERFORMANCE OF NANO- MATERIALS STABILIZED SOIL FOR CONSTRUCTION OF PMGSY ROADS. Khusboo Arora1 & Dr. Pramod Kumar Jain2

COMBINACIÓN CON OTROS PRODUCTOS

El producto Terrasil se puede aplicar solo en combinación con otros productos tales como Cal, Cemento o Polímeros (siempre que sean catiónicos)

Cal

La combinación de Terrasil con cal a bajas dosificaciones produce mejoras excelentes en la impermeabilidad y capacidad de soporte. Con carácter general, se suele recomendar la adición de cal cuando el suelo es muy expansivo o la capacidad portante demasiado reducida (< CBR 4) aunque a menudo una combinación de cal y Terrasil es más económica que una mayor dosificación de Terrasil.

Cemento

La combinación de Terrasil y cemento aporta resistencia a la tracción y una mayor capacidad de soporte al tiempo que se protege al cemento de los ataques de la humedad, carbonatación, y formación de etringita. El uso de Terrasil está muy recomendado en suelos con sulfatos que vayan a ser estabilizados con cemento.

Polímeros (Zycobond)

El uso de polímeros reactivos tales como Zycobond mejora aún más la impermeabilidad y proporcionan un interfaz más elástico entre el cemento y las partículas de árido, proporcionando una mayor durabilidad derivada de una menor rigidez.

MODOS DE APLICACIÓN

Terrasil es un producto líquido que se suministra en distintos tipos de envase, siendo el más utilizado el envase de 20 litros.

Terrasil se disuelve en agua (con la recomendación de que el agua tenga un máximo de residuo sólido de 1000 ppm) formando una solución transparente con una viscosidad idéntica a la del propio agua, por lo que se puede regar o dosificar por spray con cualquier equipo que pueda bombear agua o incluso por gravedad (Cubas de riego, equipos personales de aplicación, mangueras, equipos de estabilización de suelos etc…)

Existen varias formas de aplicación del producto según el beneficio que se quiera obtener.

Riego impermeabilizante:

Esta técnica consiste en aplicar una solución de 1 parte de Terrasil en 300 partes de agua y regar hasta saturar un suelo compactado.

Cuando se produce el curado por evaporación, el suelo tratado se comportará como una membrana impermeable (pero transpirable) que impedirá la permeabilidad del agua bien por gravedad, bien por capilaridad, convirtiéndose en una excelente protección de la infraestructura.

Esta solución también se puede aplicar sobre vías asfaltadas cuyo envejecimiento provoca fisuras y daños a la capa de base por humedad.

Riego de sellado sobre vía compactada. San Pedro de Urabá (Colombia)

Riego de sellado sobre mezcla asfáltica. India

Visualización de efecto de impermeabilización. España y Perú

Estabilización por vía húmeda.

Para mejora de las capacidades estructurales del suelo, conforme a los parámetros mencionados anteriormente, el producto Terrasil se aplica como cualquier otra estabilización por vía húmeda, añadiendo Terrasil al agua usada para la compactación.

El proceso puede realizarse con un equipo de estabilización específico o con motoniveladora.

Después se procede al mezclado y compactación.

DOSIFICACIÓN

El proceso de dosificación será el siguiente:

1. Calcular el contenido de Terrasil a aportar al suelo (kg/m3): Ct (Contenido Terrasil por m3)

   Este parámetro suele ser de 0.3kg/m3 a 2 kg/m3

   Ejemplo: Ct= 0.4kg/m3

2. Calcular el agua a aportar en cada momento al suelo (diferencia entre el contenido óptimo de humedad para la compactación (OMC) y el contenido de humedad in –situ.

   Ha= Humedad de aporte (por m3)

   Ejemplo: Humedad óptima =14%

   Humedad in-situ = 8%

   Humedad a aportar =6% (HA%)

   Densidad = 2000 g/cm3 =d

   *Ha= HA% * d = 120 litros*

3. Calcular el ratio de disolución del Terrasil en el agua de compactación:

   Ratio = Ha/Ct = 120/0.4 = 300

   Es decir, se añade en el depósito 1 litro de Terrasil por cada 300 litros de agua.

   Este ratio suele estar entre 1:50 y 1:600

EJEMPLO DE PROCESO CONSTRUCTIVO SOBRE SUELO EXISTENTE

Escarificación de suelo existente en 15 cm.

*Escarificación de 15 cm del material existente.

Adición del estabilizadores por vía seca (cal o cemento)

Si fuera necesario, extender la cantidad calculada de cal o cemento en seco.

Llenado de cuba de riego con agua y aportación del estabilizador en la dosificación calculada.

Regado de la disolución de Agua y Terrasil sobre el material.

*Riego de Terrasil+ sobre material previamente escarificado.

Mezclado del material a estabilizar

Nivelación y perfilación, formación de bombeos y cunetas naturales

Compactación hasta alcanzar la densidad del proyecto.

METODOLOGIAS DE DISEÑO Y BANCO DE DATOS DE ENSAYOS

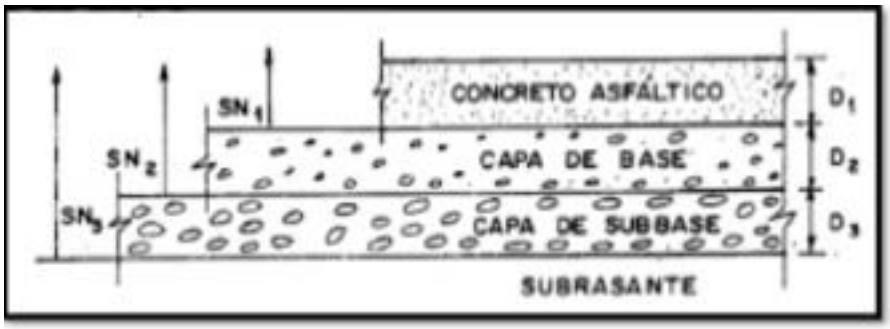
Optimasoil cuenta con los informes de los ensayos referenciado en el documento y con muchos más que no se mencionan, con el objetivo de mantener la brevedad del documento.

Optimasoil siempre sugiere la realización de los ensayos relevantes para el proyecto específico para evaluar el impacto de Terrasil a distintas dosificaciones y sugerir la mejor opción para el diseño específico.

Sugerimos realizar los diseños alternativos con Terrasil para comprobar que se producen reducciones en coste y mejorar de durabilidad para el caso específico del proyecto (costes locales, criterios de diseño y limitantes específicas)

EJEMPLO DISEÑO AASHTO

En el caso de la metodología de diseño de la AASHTO, se afectan principalmente a los coeficientes estructurales de la capa (derivado del incremento del módulo resiliente) y al coeficiente de drenaje (coeficiente de drenabilidad) que repercute de forma importante en el número estructural resultante y, por tanto en la durabilidad.



Por ejemplo, para una vía rural, diseñada para soportar 1 Millon de ESAL en el período de diseño, se producen ahorros importantes al utilizar los suelos mejorados e impermeabilizados

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

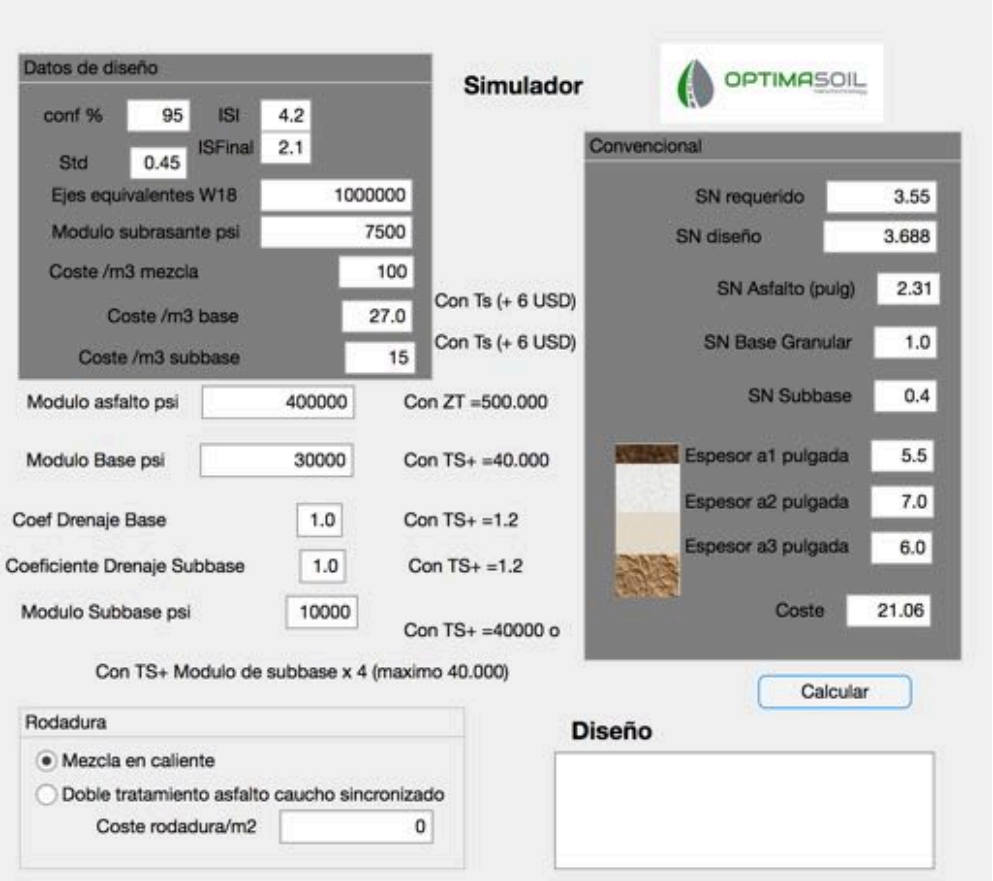
d1, d2, d3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m2, m3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase

Diseño convencional:

El diseño convencional con mezcla asfáltica en caliente, obtiene número estructural de 3.688 a un coste de 21.06 USD/m3

Parámetro	Valor
Número de ejes equivalentes	1.000.000
Diferencia nivel de servicio	2.1 (4.2-2.1)
Grado de confianza/desviación std	95%-0.45
Variación estacional del valor de subrasante	No
Módulo resiliente de subrasante	7500 psi



Diseño convencional AASHTO. Fuente Optimasoil

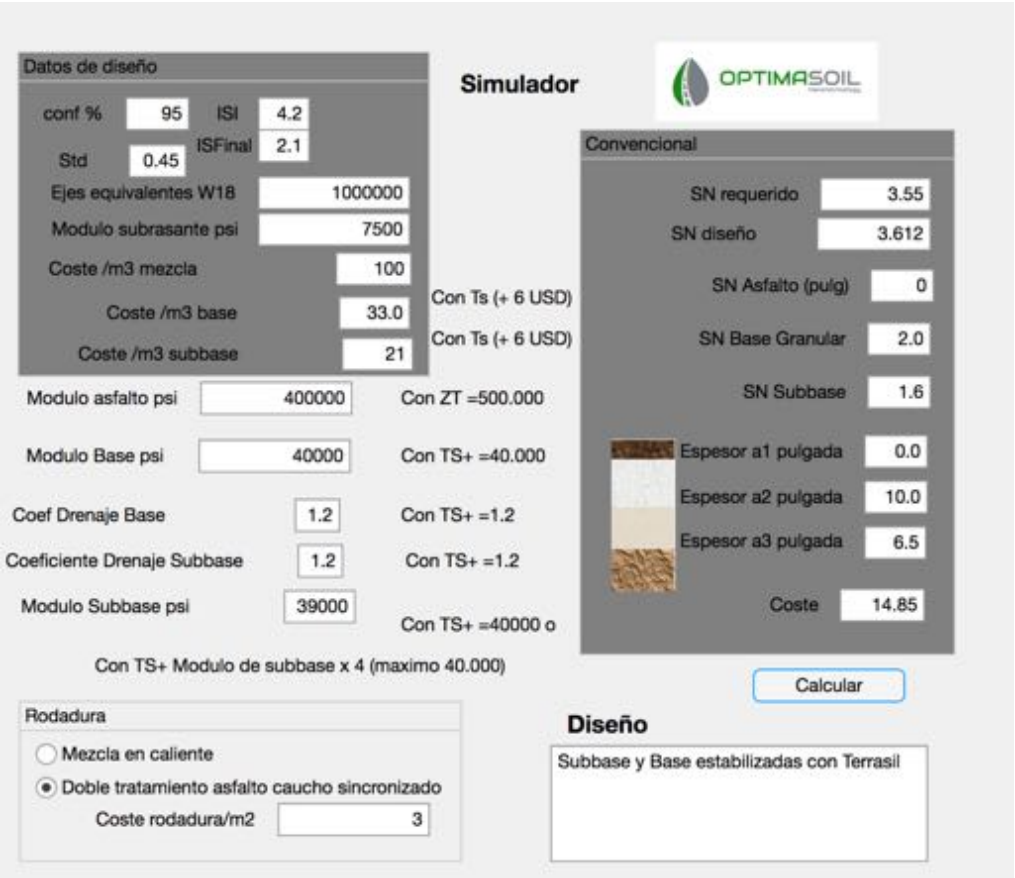
Diseño convencional, con capa de rodadura en frío y suelo estabilizado con Terrasil

La impermeabilización permite incrementar el coeficiente de drenaje de 1 a 1.2 (conservador) e incrementar los módulos de subbase y base hasta el máximo que permite la norma (275Mpa) (referencia: Ensayo de Subbase Granular de Chingaza y Caracterización de bases granulares de Obrainsa)

El nuevo diseño permite ahorrar costos manteniendo la durabilidad.

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.



OTRAS METODOLOGÍAS DE DISEÑO

IRC: 37-2012 (INDIA)

En otras metodologías también se aprecia reducción de costes

Material	CBR at 5 mm penetration	Total Thickness (mm)	Cost (Rs)
CL Soil	6.64%	547 mm	9271686
CL Soil + 0.041% Terrasil	10.82%	405 mm	8708166

Table 4 :thickness design is calculated as per IRC: 37 – 2012.

Fuente Scientifically Surveying the Usage of Terrasil Chemical for Soil Stabilization

Sudáfrica (D1884)

El diseño alternativo para una vía (D1884) con Terrasil resultó ser más económico y arrojó un valor superior en el simulador de tráfico pesado (7 millones de ejes vs 3.5 Millones de Ejes)

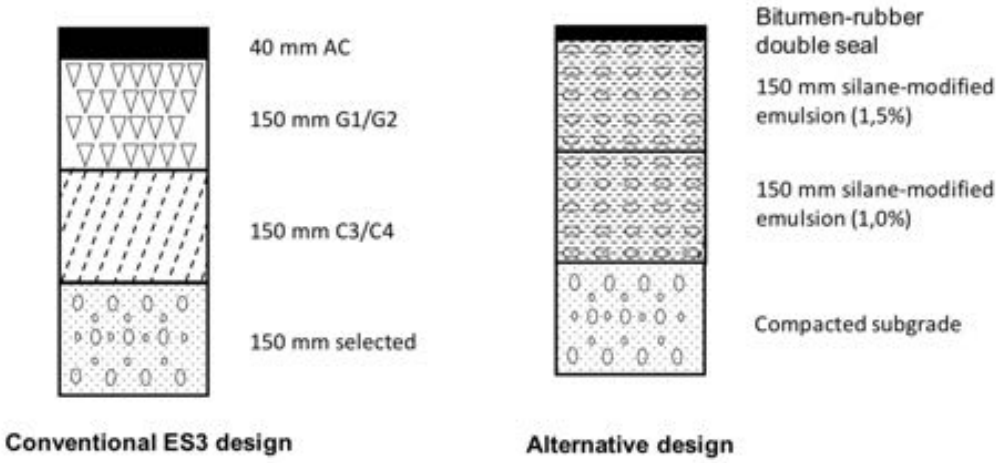


Fig. 1. Conventional and alternative designs for the D1884

TABLE III. CALCULATED DAMAGE COEFFICIENTS

Wheel load (kN)	Total traffic repetitions	Repetitions for the slope calculation	Rut (mm)	d	E80s (HVS)	E80s (d = 4.2)
40	321,350	229,800	0.63	1	321,350	321,350
60	372,600	169,350	0.9	1.63249	722,287	2,045,626
80	96,882	83,500	1.1	2.26461	465,542	1,780,611
80 (wet)	155,649	133,400	4.738	3.69547	2,016,485	2,860,700
TOT E80s					3,525,664	7,008,287

Fuente: Evaluation of a nano-silane-modified emulsion stabilised base and subbase under HVS traffic

FC Rust ,I Akhalwaya Council for Scientific and Industrial Research , GJ Jordaan

University of Pretoria and Tshepega Engineering (Pty) Ltd, Pretoria , L du Plessis

Gauteng Department of Roads and Transport

PUBLICACIONES Y ARTICULOS CIENTÍFICOS

El uso de Terrasil, Terrasil +, Zycosoil y otras versiones de organosilanos fabricados por Zydex Industries para estabilización de suelos ha sido evaluado y documentado en un número creciente de artículos científicos, entre ellos y a modo de ejemplo se encuentran las siguientes referencias:

PATEL, Nandan A.; MISHRA, C. B.; PANCHOLI, V. V. Scientifically surveying the usage of Terrasil chemical for soil stabilization. *International Journal of Research in Advent Technology*, 2015, vol. 3, no 6, p. 77-84.

RAGHAVENDRA, T., et al. Stabilization of Black Cotton Soil Using Terrasil and Zycobond. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 2018, vol. 6, no 1, p. 300-303-300-303.

PANDAGRE, Ajay Kumar; JAIN, Rajesh. Experimental Study on Index Properties of Black Cotton Soil Stabilized with Terrasil. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN*, 2017, p. 2395-0056.

ADERINOLA, Olumuyiwa S.; NNOCHIRI, Emeka S. Stabilizing lateritic soil using terrasil solution. *Selected Scientific Papers-Journal of Civil Engineering*, 2017, vol. 12, no 1, p. 19-28.

CLEMENTE PANCHANA, Lissette Nathaly; RAMÍREZ BAQUERIZO, Jairo Omar. *Análisis comparativo de la estabilización del material de la cantera La Negrita utilizando cemento, terrasil, zycobond*. 2019. Tesis de Licenciatura. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.

SALAS MERCADO, Dante. Estabilización de suelos con Adición de cemento y Aditivo Terrasil para el mejoramiento de la Base del Km 11+ 000 al Km 9+ 000 de la Carretera Puno-Tiquillaca-Mañazo. 2018.

RODRÍGUEZ VINCES, Diego Israel. *Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, provincia de los Ríos*. 2016. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.

THOMAS, ANSU; RKTRIPATHI, LKYadu; ROY, SUDEEP. Soil Stabilisation Using Terrasil. *International Journal of Earth Sciences and Engineering-ISSN*, 2016, p. 0974-5904.

SHIRAHATTI, Pavankumar N.; KALLIMANI, P. M.; RAJASHEKHAR, M. S. Application of geo-textile and terrasil chemical to reduce permeability of soil. *International Journal for Scientific Research & Development (IJSRD)*, 2016, vol. 4, no 06.
GAYATHRI, M.; SINGH, P. N.; PRASHANTH, M. G. Soil Stabilization using Terrasil, Cement and Flyash. *i-Manager's Journal on Civil Engineering*, 2016, vol. 6, no 4, p. 31.

PANDAGRE, Ajay Kumar; RAWAT, Ashutosh. Improvement of Soil Properties Using Nonchemical-Terrasil: A Review.

PADMAVATHI, V., et al. Stabilization of Soil Using Terrasil, Zycobond and Cement as Admixtures. En *International Congress and Exhibition" Sustainable Civil Infrastructures: Innovative Infrastructure Geotechnology"*. Springer, Cham, 2018. p. 163-170.

MEERAVALI, Karumanchi; RUBEN, Nerella; RANGASWAMY, Kodi. Stabilization of soft-clay using nanomaterial: Terrasil. *Materials Today: Proceedings*, 2020.
RAGHUWANSHI, Anand Kumar; BHARGAVA, Saurabh; GUPTA, Pallavi. Improvement of Black Cotton Soil with Cement & Flyash Treated With Terrasil. 2016.

MULLA, Afreen Abulkasim; GUPTHA, K. G. Comparative Study and Laboratory Investigation of Soil Stabilization Using Terrasil and Zycobond. En *Sustainable Construction and Building Materials*. Springer, Singapore, 2019. p. 757-769.

ALI, MOHAMMED SUFIYAN, et al. STABILIZATION OF SUBGRADE SOIL USING SAND, CEMENT AND TERRASIL CHEMICAL AS AN ADDITIVE. 2019.

SINGH, Sandeep. Microstructural Analysis of Clay after Treatement with Terrasil–A Nano Chemical.

RAJU, VR Prasada. A Study on Geotechnical Properties of Expansive Soil Treated with Rice Husk Ash and Terrasil.

OLANIYAN, O. S.; AJILEYE, V. O. STRENGTH CHARACTERISTICS OF LATERITIC SOIL STABILIZED WITH TERRASIL AND ZYCOBOND NANNO CHEMICALS.

SOIL, PAVEMENT BY USING SUBGRADE. ECONOMIC ANALYSIS OF FLEXIBLE PAVEMENT BY USING SUBGRADE SOIL STABILISED WITH ZYCOBOND AND TERRASIL.

GARCÍA CASTILLO, Ximena Alexandra, et al. *Comparación de los efectos de diferentes métodos de estabilización de subrasantes en arcillas bogotanas*. 2015. Tesis de Licenciatura. Bogotá-Uniandes.

PATEL, Nandan A., et al. Subgrade Soil Stabilization using Chemical Additives. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN*, 2015, p. 2395-0056.

OBREGÓN VÁSQUEZ, María Fernanda, et al. Análisis de la viabilidad de los procesos de estabilización con químicos en vías terciarias, a partir de evaluación económica y ambiental, tomando como referencia (caso de estudio) prueba Piloto Antioquia 2015, y su aplicabilidad en las vías terciarias que conectan con la ruta del cacao (Santander).

CALDERÓN, Cristóbal; ÁNGEL, Miguel. Estabilización iónica de suelos con terrasil en los contratos de mantenimiento y conservación vial. 2015.

EWA, D. E.; EGBE, E. A.; AKEKE, G. A. Effects of Nano-Chemical on Geotechnical Properties of Ogoja Subgrade.

ROY, Souvik; SARKAR, Dipankar; PODDER, Protyay. Laboratory Evaluation of Cement Stabilized Modified Base Course Layer Treated With Nano Materials.

ROY, Souvik; PATIDAR, Aman; SARKAR, Dipankar. A Feasibility Study of Replacing Conventional Base Course Layer in Flexible Pavement with Locally Available Materials.

GIRIDHAR, V.; KUMAR, P. Suresh Praveen; JYOTHIRMAYEE, S. An Experimental Study on Strength Characteristics of Expansive Soil Treated with Zycobond.

PANDOR, Vishala. Stabilization of Black Cotton Soil Using Chemical Additive. 2017.

RUALES, Franco Rojas; FLORES, Patricio Romero; VINUEZA, César. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE MICROPAVIMENTO DE BAJO COSTO PARA SUELO TIPO LIMO ORGÁNICO ARENOSO (OL).

KUMAR, Rakesh; ADIGOPULA, Vinod Kumar. *A Correlation Between LWD Backcalculated Moduli with Dynamic Cone Penetrometer Test Results for Subgrade Layer*. 2017.

WARDANI, Sri Prabandiyani Retno, et al. THE INTEGRATION OF CLIMATE CHANGES ADAPTATION AND MITIGATION IN SUSTAINABILITY CONCEPT. En *PIARC INTERNATIONAL SEMINAR*. 2014. p. 1-13.

KUMAR, Rakesh; ADIGOPULA JR, Vinod Kumar; GUZZARLAPUDI, Sunny Deol. Stiffness-based quality control evaluation of modified subgrade soil using lightweight deflectometer. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2017, vol. 29, no 9, p. 04017137.

JORDAN, Christopher S.; DANIELS, John L.; LANGLEY, William. The effects of temperature and wet-dry cycling on water-repellent soils. *Environmental Geotechnics*, 2015, vol. 4, no 4, p. 299-307.

MANITEJ, PENUMALLA; NAIDU, K. RAMI. EFFECT OF CALCIUM EXCHANGE CAPACITY ON THE PROPERTIES OF BLACK COTTON SOIL.

BECERRA SANTILLÁN, Anthony César Fernan; HERRERA GONZÁLES, Alfredo Emmanuel. ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VÍAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018. 2019.

QUACKENBOSS, John S., et al. *Waterproof roadbed construction*. U.S. Patent No 8,348,547, 8 Ene. 2013.

STRENGTH, INVESTIGATION OF MECHANICAL. GLOBAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE AND RESEARCHES.

SHEHATA, Hany; POULOS, Harry (ed.). *Latest Thoughts on Ground Improvement Techniques: Proceedings of the 2nd GeoMEast International Congress and Exhibition on Sustainable Civil Infrastructures, Egypt 2018–The Official International Congress of the Soil-Structure Interaction Group in Egypt (SSIGE)*. Springer, 2018.

REINOSO, ING ADRIAN XAVIER QUILAMBAQUI. *"EVALUACIÓN DEL DISEÑO VIAL URBANO UTILIZANDO RESINAS ORGÁNICAS PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD SOPORTANTE DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA"*. 2017. Tesis Doctoral. UNIVERSIDAD DE CUENCA.

ÁLVAREZ MONTOYA, Manuel Santiago, et al. *Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquia*. 2015. Tesis Doctoral. Universidad EIA.

DAS, Bibhuti Bhusan; NEITHALATH, Narayanan (ed.). *Sustainable Construction and Building Materials: Select Proceedings of ICSCBM 2018*. Springer, 2018.

FAPOHUNDA, C. A.; AMU, O. O.; BABARINDE, O. F. EVALUATION OF GEOTECHNICAL AND STRUCTURAL PERFORMANCE OF CEMENT-STABILIZED SOIL WITH SAW DUST ASH (SDA). 2019.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Actualmente, Terrasil es utilizado en varios países y en algunos de ellos está directamente especificado por parte del departamento de transporte.

Como ejemplo de las distintas aplicaciones se mencionan algunos proyectos:

KARJAN ROAD (INDIA)

Via que interconecta dos poblaciones de pequeño tamaño, sujeta a lluvias torrenciales durante 4 meses al año.

La vía construida con Terrasil mantiene sus propiedades mientras que la de control tuvo que reahacerse en varias ocasiones.

El reporte completo se puede consultar en el anexo. Karjan Road

CATATA-LUVUA LUNDA NORTE (ANGOLA)

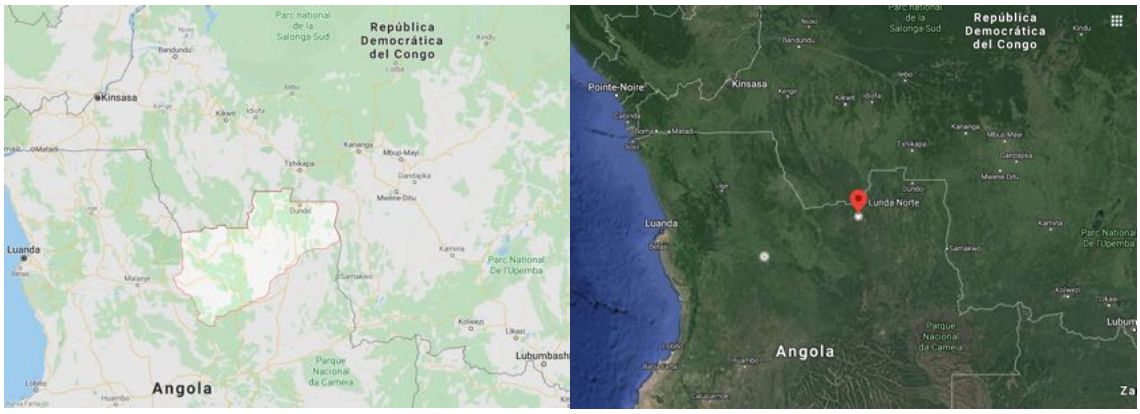
Datos del proyecto

Proyecto: Estabilización de material de subrasante 65 KM , 10 mts de ancho, 25-30 cm de espesor. Lateritas (material arenoso limoso-rojizo)

Cliente:	ODEBRECHT ANGOLA (2013)
Longitud:	65 km
Ancho:	10 metros
Profundidad:	25-30 cm
Material:	Lateritas (areno-limoso rijizo)

Ubicación

El tramo se desarrolló en Lunda Norte



Estudios de laboratorio y tramo de prueba

Según el estudio de laboratorio previo y tramo de prueba ejecutado de 150 mts de largo x 10 mts de ancho y 25-30 cm de espesor, el material a estabilizar (Arena limosa roja o laterita), para la aplicación de la obra Catata-Luvua, Lunda Norte se utilizó 1 kg/m3 de Terrasil , en un espesor de 25-30 cm, en la capa de subrasante.

La solución determinada para la sección de vía terminada sería la siguiente:

Material existente.

Capa de subrasante estabilizada con Terrasil 25-30 cms.

Capa de subbase.

Capa de Base.

Riego de imprimación.

Mezcla asfáltica en caliente.

Las principales características de Terrasil en el proyecto de Catata-Luvua Lunda Norte fueron las siguientes:

• Mejorará el material disponible de proyecto. Se realizaron ensayos de laboratorio para comprobación de los parámetros a estudio. Mejora de CBR, compresión no confinada,…

• La dosificación propuesta para alcanzar las mejoras es de 1 Kg/m3 de Terrasil, por ello la importancia de hacer estudios previos de laboratorio.

• Se puede combinar con cemento o cal si fuese preciso.

• Reduce la permeabilidad del material, muy importante en zonas de alta pluviometría y pluviometría torrencial como es el caso de la zona de proyecto.

• Reduce el hinchamiento y la expansividad.

• Mejora densidades. Mejoras de dos puntos en la compactación en obra.

Terrasil no es corrosivo y no produce lixiviados en el suelo.

PROCESO CONSTRUCTIVO.

Colocación de material a estabilizar

- Espesor de 25-30 cm de material de laterita a estabilizar

Llenado de la cisterna con agua y producto conforme a los cálculos iniciales

*Llenado de la cisterna con la disolución establecida previamente.

Regado de agua con Terrasil

*Riego de Terrasil sobre material previamente extendido.

Homogenización del material

*Preparación del material a estabilizar.

*Nivelado y perfilado de la superficie.

Compactación

*Compactación con rodillo

Regularidad superficial

*Perfilado definitivo y refino con motoniveladora.

Compactación definitiva

*Compactación requerida en proyecto.

EJEMPLOS DE USO DE TECNOLOGÍA ZYDEX EN VIAS

Año	País	Cliente	Proyecto	Tipo
2010	India	Gobierno de Gujarat	Karjan Road	Estabilización y mezcla asfáltica
2013	Perú	Obrainsa-Odebrech	Consorcio vial del norte (Ayabaca)	Estabilización y slurry
2015	Perú	Copisa (consorcio SELCAS)	Moyobambda	Estabilización y slurry
2017	Perú	Cosapi/Mota Engil	Consorcio Vizcachane	
2014	Colombia	Gobernación de Antioquia	Granada-Sancarlos	Estabilización de vía sin pavimentar
2016	Colombia	Municipio de Chia	Vía principal de Chia (Cundinamarca)	Estabilización y slurry
2017	Colombia	CCC Construciones Civiles Lozada	Mocoa	Estabilización y slurry
2016	Colombia	CCC Construciones Civiles Lozada	Ayto Bogotá	Reciclado in-situ y mezcla en caliente
2016	Colombia		Via Uramita-Peque	Estabilización vía sin pavimentar
2014	Nigeria	Enugu (aeropuerto)		Extensión de la pista de aterrizaje
2016	India	Rural Road, Sector 19, Gandhinagar, Gujarat		

2019	Colombia	Acueducto de Chingaza	Via de acceso al acueducto	Estabilización de via sin pavimentar
2016	Mexico	SCT	Campeche , nuevo cohaguila	Estabilización de via sin pavimentar
2020	Colombia	IMMAC	Centro comercial agrario	Estabilización de centro comercial agrario
2018	Madagascar	Tamave		Estabilización de calles de Madagascar
2017	Ecuador	Provincia Dal Azuary, Ecuador		
2017	España	Ayto Badajoz	Parking San Cristobal	

Otros proyectos con Tecnología Zydex

Año	*País*	*Empresa*	*Vía*	*Mezcla*	*Tn o PK*
2014	*Colombia*	*Pavimentar*	*Autopista Medellín Bogota …*	*MDC-1 y MDC-2*	
2014	*Colombia*	*Murcia y MurciA, S.A.*	*Vía Bogota Villavicencio*	*MDC-2*	*42.000 Tn*
2015	*Colombia*	*Pavimentar*	*Parques del Rio en Medellín..*	*MDC-1 y MDC-2*	
2015	*Colombia*	*Murcia y Murcia, S.A.*	*Varias*	*MDC-2*	*42.000 Tn*
2015	*Colombia*	*KMA*	*Concesión Vial Córdoba - Sucre*	*MDC-2*	*305.150 km*
2016	*Colombia*	*Pavimentar*	*Varias…*	*MDC-1 y MDC-2*	
2016	*Colombia*	*Murcia y Murcia, S.A.*	*Varias*	*MDC-2*	
2016	*Colombia*	*KMA*	*Concesión Vial Ruta Caribe Mutata*	*MDC-2*	*324.00 km*
2014	*Ecuador*	*Asfaltar EP*	*Calles internas de cuenca*	*Carpeta asfáltica*	*15Km*

2014	Ecuador	Manabí Construye EP	Bahía-San Isidro Vías internas de Portoviejo Portoviejo-Montecristi Paso lateral Portoviejo Vías ruralles de la provincia de Manabí	Rodadura Rodadura Rodadura Rodadura Rodadura	20Km 8Km 25Km 5Km 100Km
2014	Ecuador	Consejo Provincial de el Oro	Vías rurales de la provincia	Rodadura	22Km
2014	Ecuador	Municipio de Machala	Calles internas de Machala	Rodadura	60Km
2014	Ecuador	Manabí construye EP	Bahía - san isidro Vías internas de Portoviejo Portoviejo-Montecristi Paso lateral Portoviejo Vías Rurales de la provincia de Manabí	Rodadura Rodadura Rodadura Rodadura Rodadura	20Km 8Km 25Km 5Km 100Km
2014	Ecuador	Consejo Provincial de el Oro	Vías rurales de la provincia	Rodadura	22Km
2014	Ecuador	Municipio de Machala	Calles internas de Machala	Rodadura	60Km
2014	Ecuador	Constructora falto	Vía occidental tramo 3	Rodadura	8Km
2014	Ecuador	Consermín	Cuenca - Gualaceo	Rodadura	22Km
2014	Ecuador	Constructora de caminos	E35 - pucará	Rodadura	15Km
2014	Ecuador	Asfaltos y concretos	Gualaceo -Limón tramo 1	Rodadura	30Km
2014	Ecuador	Constructora carvallo	Arenillas - santa rosa	Rodadura	25Km
2014	Ecuador	Constructora Ormazabal Valderrama	Calles de Guayaquil	Rodadura	5Km
2014	Ecuador	Obraciv	Calles de Ibarra y Tulcán	Rodadura	15Km
2014	Ecuador	Constructora Hidrobo Estrada	Gualaceo - limón tramo 2	Rodadura	30Km
2014	Ecuador	GPL Vialidad EP	Catacocha - Pindal	Doble tratamiento superficial	25Km
2014	Ecuador	Constructora Angos e Hijos	Piñas - La avanzada Condado - Mitad del Mundo	Rodadura Rodadura	35Km 20Km
2014	Ecuador	Constructora Julimarti	Vías de apoyo de Manabí construye	Rodadura	40Km
2014	Ecuador	Empresa pública Emuvial EP	Calles internas de santa elena	Rodadura	6Km
2015	Ecuador	Constructora Alvarado Ortiz	Calles internas de Ambato Interoceánica de Quito T-1	Rodadura Base y Rodadura	25Km 8Km

2015	Ecuador	Constructora Lozada	Interoceánica tramo 3	Rodadura	5Km
2015	Ecuador	Constructora Ocampo	Calles internas de quito	Rodadura	20Km
2015	Ecuador	Constructora hidalgo e hidalgo	Anillo vial de quevedo tramo 1	Rodadura	12Km
2015	Ecuador	Constructora Herdoiza Crespo	Panamericana norte	Rodadura Base y Rodadura	70Km
2015	Ecuador	Municipio de azogues	Calles internas de azogues	Rodadura	12Km
2015	Ecuador	Municipio de cuenca	Calles internas de cuenca	Rodadura	10Km
2015	Ecuador	Fopeca Construcciones	Anillo vial de quevedo tramo 2	Rodadura	12Km
2015	Ecuador	Constructora Cevallos Hidalgo	Calles internas de santo domingo	Rodadura	9Km
2015	Ecuador	Municipio de Loja	Calles internas de Loja	Rodadura, bases	15Km
Año	País	Empresa	Vía	Tipo de	Tn o PK
2015	Ecuador	Municipio de Santa Rosa	Calles internas de santa rosa	Rodadura	18Km
2015	Ecuador	Inductroc	Calles de Guayaquil	Rodadura	20Km
2015	Ecuador	Constructora Verdú	Pifo - Tumbaco	Rodadura Base y Rodadura	10Km
2014	Peru	Moro SRL	Calles de lima - los olivos	Rodadura	15Km
2014	Peru	JMK contratistas	Piura - Sechurra	Rodadura	12KM
2014	Peru	Obrainsa	Quilca - Matarani	Rodadura	22Km
2015	Peru	T y r contratistas	Lima - Calles de San Juan	Rodadura	10Km
2015	Peru	Delheal SAC	Lima - Calles de la Victoria	Rodadura	32KM
2015	Peru	JMK contratistas	Lima - Línea Amarilla	Rodadura	42KM
2015	Peru	Lirsa centro	Huancayo - la Oroya - Cerro de Pasco - Lima	Rodadura	120Km
2016	Peru	TDM asfaltos	Trujillo - Vía Evitamiento	Rodadura	25Km
2013	Peru	Obrainsa	Consorcio Vial del Norte	Estabilización	
2014	México	Jorge Enrique Mercader	Cancún- Tulum	SMA	20 km

2014	México	Emulsiones Asfálticas de la Bahía	Quintana Roo	Varias	15000 tn
2015	México	Emulsiones Asfálticas de la Bahía	Tulum-Felipe Carrillo Puerto	Discontinua, Protocolo AMAAC	12 km
2015	Mexico	Jorge Enrique Mercader	Quintana Roo	Varias	15000 tn
2015	México	ASF Pavimentos	Aeropuerto Veracruz y Calles estado Veracruz	Varias	12500 tn
2015	México	TRABISA	Aeropuerto Veracruz y Calles estado Veracruz	Ultradelgada	12 km
2015	México	Samuel Lom	Estado de Veracruz	Rodadura y Bases	5000 tn
2013	España	AM Alonso	Toledo	Rodadura, Intermedias y Bases	5000 tn
2013	España	Riojana de Asfaltos	Rioja	Rodadura, Intermedias y Bases	4000 tn
2013	España	Ismael Andrés	Rioja	Rodadura, Intermedias y Bases	30.000 tn
2014	España	Pavasal	Valencia	Rodadura, Intermedias y Base	25.000 tn
Año	País	Empresa	Vía	Mezcla	Tn o PK
2014	España	Elsan	Alarpardo ,calles	Rodadura, Intermedias y Bases	5000 tn
2015	España	Riojana de Asfaltos	Rioja	Base	12.000 tn
2015	España	Sorigue	Lleida	Rodadura	2000 tn
2015	España	Pavasal	Valencia	Rodadura, Intermedias y Bases	30.000 tn
2015	España	Ismael Andrés	Rioja	Rodadura, Intermedias y Bases	30.000 tn
2018	España	Caterpillar	Málaga	Estabilización con Terrasil	
2015	España	Asfaltómeros	Huesca	Rodadura	15.000 tn
2014	Europa*	Pzedsiqbiorstwo Drogowo-Mostowe GODROM	Lublin	Rodadura, Intermedias y Bases	6000 tn
2014	Europa*	Lemminkainen Sverige AB	Suecia	Rodadura, Intermedias y Bases	5000 tn
2014	Europa*	Przedsiebiorstwo Budowy Drog DROGOPOL - ZW Sp. z o. o	Polinia	Rodadura, Intermedias y Bases	18.000 tn

2014	*Europa**	*Nynas AB*	*Suecia*	*Rodadura, Intermedias y Bases*	*25000 tn*
2014	*Europa**	*Otras empresas*	*Europa*	*Rodadura, Intermedias y Bases*	*50.000 tn*
2014	*Europa**	*PEAB (Nynas AB)*	*New Motorway Section of E4 bypassing City Centre of Sundsvall*	*Rodadura (SMA 16) Intermedias y Bases*	
2014	*Europa**	*PEAB (Nynas AB)*	*Sundsvall Municipallity*	*Rodadura*	*12000 tn*