OBJETIVO

Este documento recolhe informação genérica sobre o uso de nanomateriais à base de organossilanos solúveis em água (**Terrasil e** Terrasil+) no campo da estabilização do solo.

SOBRE OPTIMASOIL

A OptimaSoil é uma empresa fundada em 2009 e especializada no desenvolvimento e comercialização de nanotecnologia para diferentes aplicações, proporcionando valor acrescentado de serviço, operação, qualidade e economia. A empresa **Zydex Industries** revoluciona o mercado de polímeros e nanotecnologia, desde sua criação em 1997, seu pilar é o desenvolvimento de produtos químicos ecológicos e sustentáveis para o setor da Agricultura, Indústria Têxtil e Construção Civil.

A aplicação da nanotecnologia em infra-estruturas como estradas, estradas não pavimentadas ou rurais, edifícios, pontes ou pistas de aterragem, tanto em grande como em pequena escala, significa uma melhoria da sua vida útil e poupança de custos, enquanto que a nanotecnologia significa uma redução na manutenção a médio e longo prazo.

A tecnologia oferecida pela **OptimaSoil** é um pilar fundamental para as principais empresas privadas e públicas que requerem avanços tecnológicos que permitam construções com menos manutenção, mais duráveis e com menos investimento inicial.

A OptimaSoil é formada por várias empresas com sede em Madrid e suas delegações na Colômbia e México e Brasil, também colabora e dá assistência técnica em outros países, como Peru, Equador e América Central.

Além disso, **a OptimaSoil** aconselha a Zydex Industries no desenvolvimento de novas soluções e melhorias de produtos.

A OptimaSoil tem participado em congressos a nível mundial para expor os usos e vantagens da nanotecnologia, partilhando os pilares básicos das suas aplicações no campo das estradas sustentáveis, da protecção do betão, da agricultura e da impermeabilização, aplicados tanto em grandes infra-estruturas como em projectos mais específicos, como o revestimento de fachadas de instalações públicas, para reduzir os custos de manutenção importantes para um município.

PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS INTERNACIONAIS E PRÊMIOS DE TECNOLOGIA

O compromisso com a tecnologia nos faz estar presentes nos congressos mais importantes do mundo, alguns dos congressos com participação nos últimos anos são

- Congresso, A Federação Internacional de Estradas (IRF) que concedeu em 2013 **o prémio para a melhor tecnologia "Nano Tecnologia para Ligantes de Asfalto Quimicamente Ligados".**
- 8º Congresso Mexicano de Asfalto "Transformação em movimento", agosto de 2013
- Congresso da Fundação Marico Innovation premiou **a melhor inovação em 2014**
- Congresso de Corasfaltos, agosto de 2014, Colômbia
- Congresso Nacional do Asfalto de Lima (Peru), novembro de 2014.
- Associação Peruana e Congresso Nacional de Concreto 2014.
- Congresso Mundial do Asfalto 2015, Março de 2015.
- 9º Congresso Mexicano de Asfalto "Preservação e Sustentabilidade dos Pavimentos Asfálticos", agosto de 2015.
- XX Congresso Colombiano de Engenharia de Pavimentos, Setembro de 2015.
- Congressos de Infraestrutura da Câmara de Comércio da Colômbia
- Congresso Ibero-Latino-Americano (CILA) em Guadalajara (México) 2019

TERRASIL E TERRASIL +

Descrição

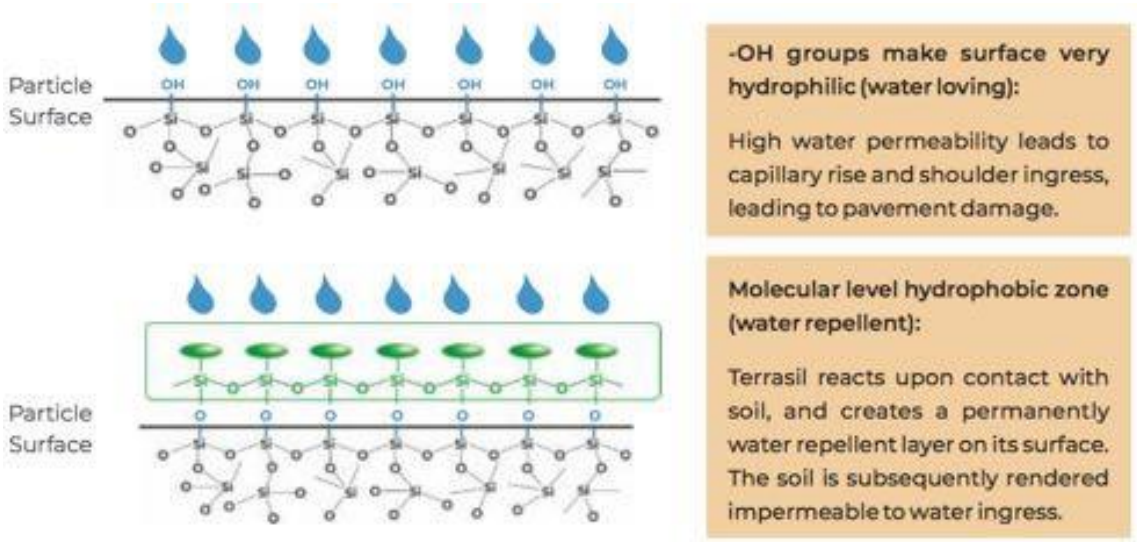
Terrasil é um impermeabilizante em escala nanométrica, reativo, permanente e solúvel em água, que tem sua aplicação no campo da estabilização do solo entendido como a melhoria das propriedades mecânicas e hidráulicas e a manutenção das mesmas contra a passagem do tempo e da carga.

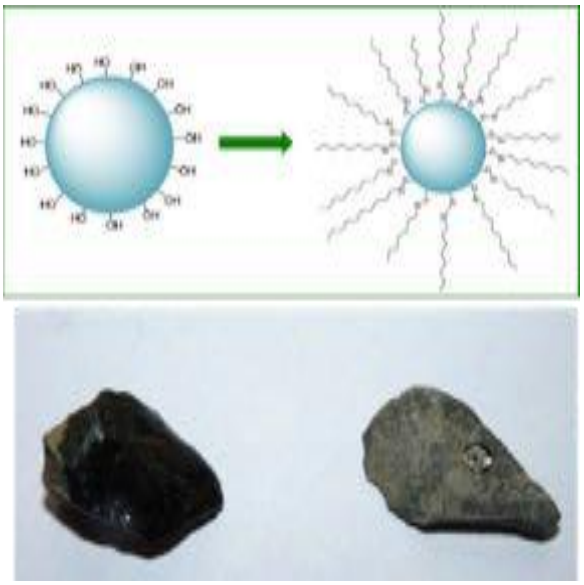
É um organosilano de quinta geração, reativo à temperatura ambiente, solúvel em água e betume e hidroliticamente estável. Proporciona uma impermeabilização permanente dos agregados, melhorando a compactação mesmo com menor umidade de compactação.

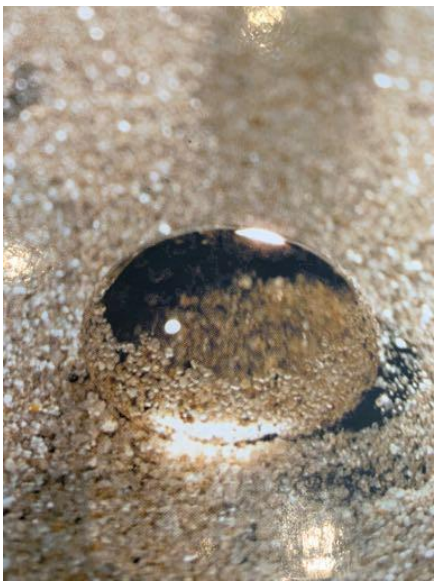
Princípio de funcionamento

As moléculas de terrasil são diluídas em água à temperatura ambiente. Quando a água entra no Terrasil em contacto com o solo, as moléculas do Terrasil são atraídas pelos grupos polares (Grupo Silanol) do solo e permanecem ligadas até que a água evapore, momento em que formam uma ligação química covalente por condensação. Esta ligação (Siloxane) é extremamente forte e não reverte em condições de humidade, radiação ultravioleta ou temperatura.

Quando o agregado for coberto por centenas de milhões de moléculas hidrofóbicas, o solo será repelente à água, o que tem um efeito muito importante sobre as características do solo.



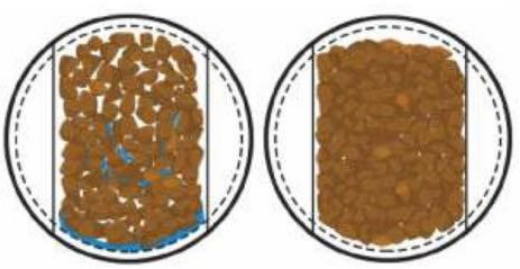




EFEITO SOBRE A DENSIDADE MÁXIMA E COMPACTAÇÃO

Quando o Terrasil é adicionado à água de compactação, produz-se uma extraordinária lubrificação das partículas do solo, que apresentam menos atrito entre elas, melhorando a redistribuição das partículas e a eficiência do esforço de compactação.

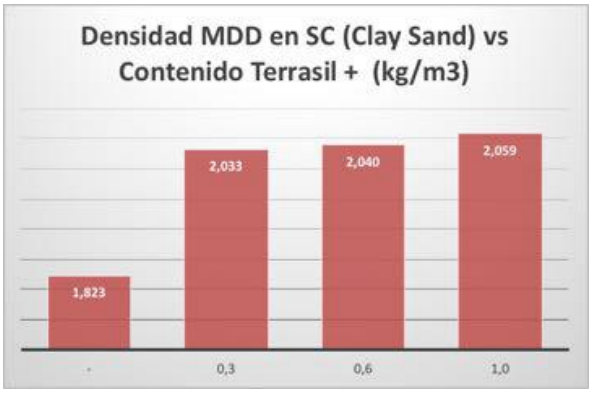
Em condições habituais para obter densidades entre 99-103% da densidade máxima obtida em laboratório, mesmo em condições de humidade ligeiramente diferentes da óptima de compactação.



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		DENSIDAD		% COMPAC.
				OPTIMO	CAMPO	MAXIMA	CAMPO	
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 no campo, Obrainsa, secção rodoviária do Norte (2013)



Densidades de laboratório de diferentes tipos de solo com variações no Terrasil + conteúdo (0-1 kg/m3). Fonte: Laboratório das Indústrias Zydex.

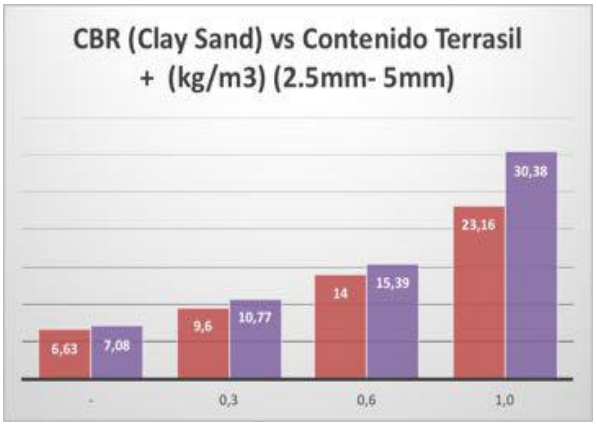
EFEITO NA CAPACIDADE DE CARGA NO SOLO - CBR -UCS- MR

A reorganização das partículas resultantes do aumento da lubrificação inicial, a maior densidade e o facto de a humidade não se poder espalhar facilmente, produz aumentos significativos na capacidade de suporte do solo, demonstrados em vários artigos e em múltiplos testes, independentemente do método de medição utilizado.

CBR (California Bearing Ratio)

Dependendo da dosagem do produto e do tipo de solo, os aumentos na capacidade de suporte medidos pelo teste de RBC aumentam entre 200% e 400%, sendo os solos mais extremos (RBC<4% e RBC>50%) os que apresentam o menor ganho.

Em geral, a RBC aumenta com o tempo de cura.



Densidades de laboratório de diferentes tipos de solo com variações no Terrasil + conteúdo (0-1 kg/m3). Fonte: Laboratório das Indústrias Zydex.

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

Exemplos de medidas de RBC nos projetos Peru (Obrainsa) e Colômbia (El Condor, relatório CL-026-14-126-01)

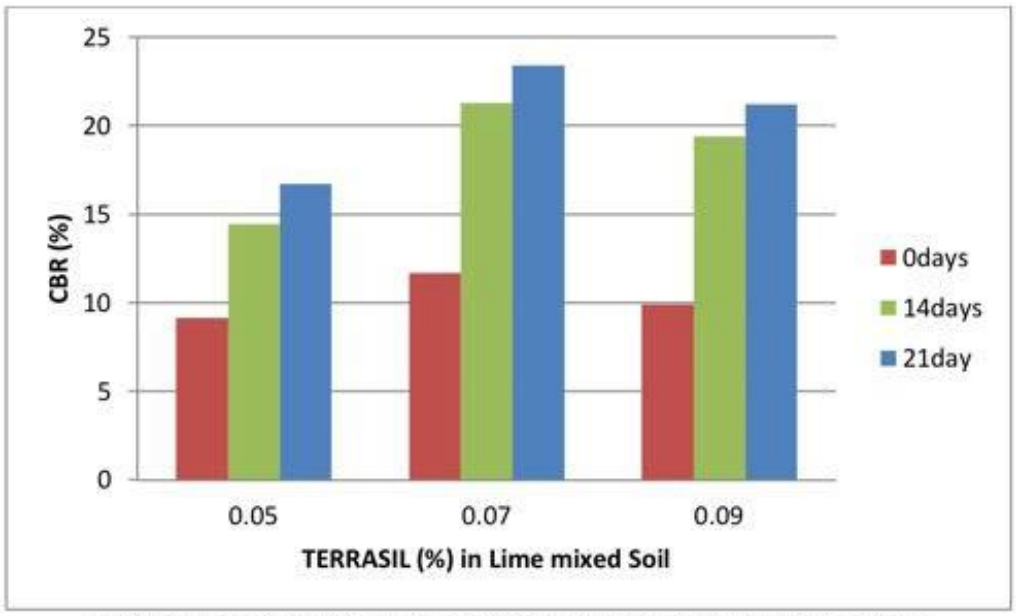


Fig 2: Variation of CBR values with Terrasil (%) at different curing period

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): Efeito do Terrasil nas Propriedades Geotécnicas do Solo Expansivo Misturado com Cal. 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

Efeito do tempo de cura em CBR em amostras de Terrasi e Terrasil com cimento. TY - LIVRO

Ravi Shankar, A.,B J, Panditharadhya 2017/12/1. Investigação laboratorial de solo laterítico tratado com Terrasil e Cimento

Módulo Resiliente (Sr.)

O efeito no módulo resiliente de estabilização com Terrasil é muito importante e os ganhos são obtidos em toda a gama de pressões cíclicas de confinamento de carga mesmo em dosagens reduzidas de Terrasil (0,3-0,5 kg/m3)

As melhorias no módulo resiliente têm um impacto significativo na redução da espessura e na melhoria da durabilidade da via.

De acordo com os critérios da AASHTO, qualquer valor acima de 40.000 psi (275 Mpa) para bases e sub-bases deve ser descartado para redução de espessura.

Com Terrasil é relativamente simples alcançar estes valores máximos em sub-base e base granular.

MÓDULO RESILIENTE NA SUB-BASE

No caso seguinte um Sr de 70 Mpa (10.000 psi) torna-se cerca de 270 Mpa (39500 psi) com 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

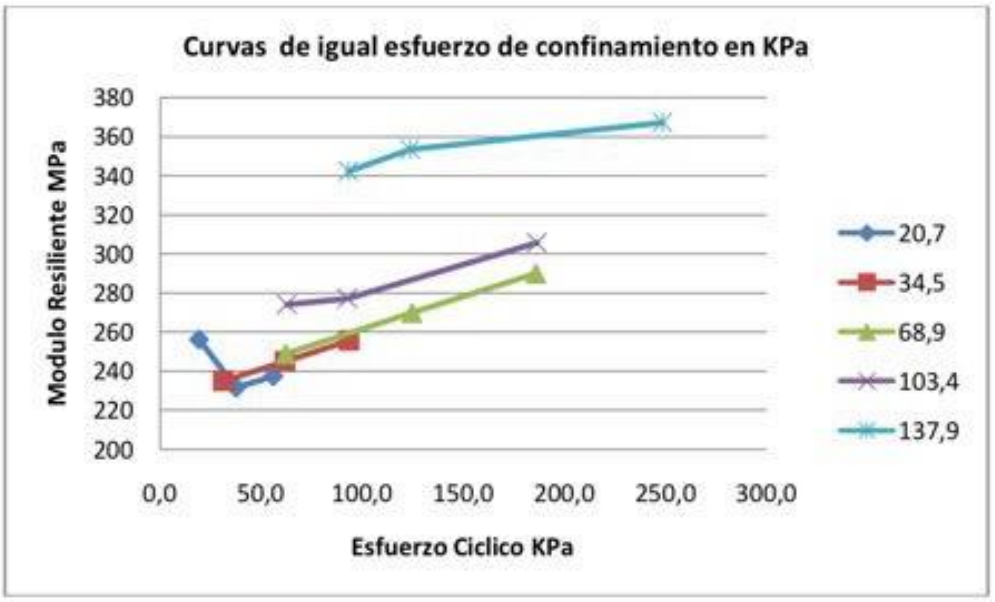
Fonte: Humberto Quitero: Sr. de subbase Granular de Chingaza testes

EFEITO NO MÓDULO RESILIENTE EM BASES GRANULARES.

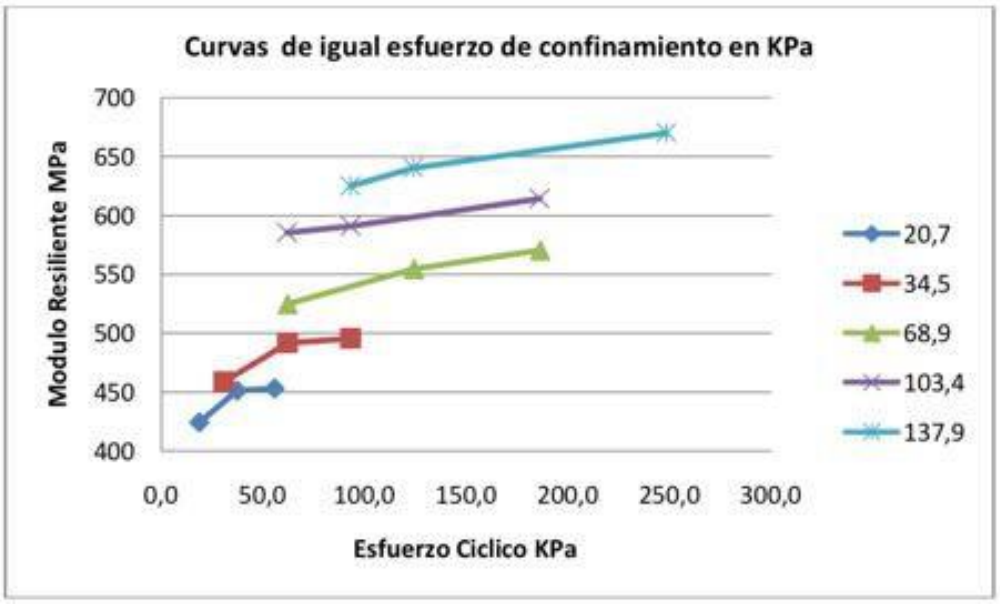
O Terrasil melhora significativamente o módulo resiliente (Mr) dos materiais, por exemplo, material de base granular.

Deve-se notar que embora o aumento do módulo obtido com Terrasil seja maior, o desenho é limitado ao Sr de 40.000 psi, portanto não reflete todo o potencial da solução.

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)**

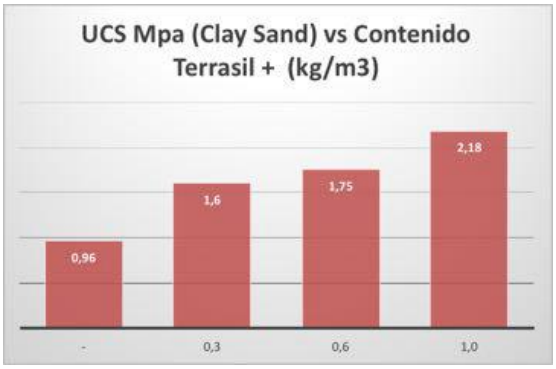


Fonte: Corasfaltos: Caracterização das bases estabilizadas de Obrainsa

Compressão Inconfinida (UCS)

Como o Terrasil não é um material cimentício, o teste de compressão não confinada, especialmente em secadores, produz pequenos incrementos (em comparação com os estabilizadores cimentícios)

No entanto, podem ser esperados aumentos de pelo menos 30-100% dependendo da natureza coesiva ou não coesiva do material.



Fonte: Laboratório das Indústrias Zydex

As melhorias nos valores de compressão não confinada também dependem do tempo de cura das amostras e são observadas tanto no Terrasil como na combinação do Terrasil com cimento ou cal.

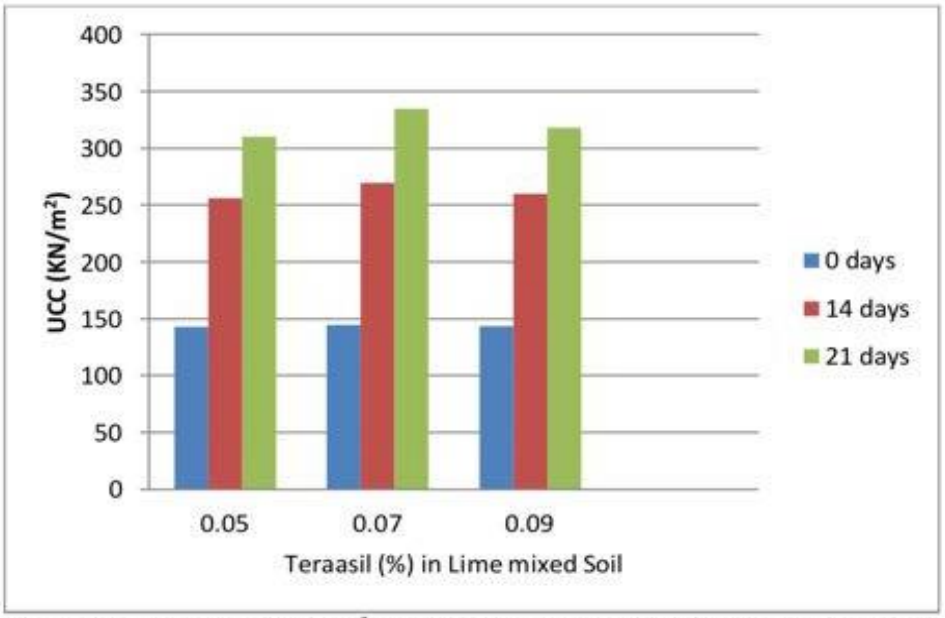


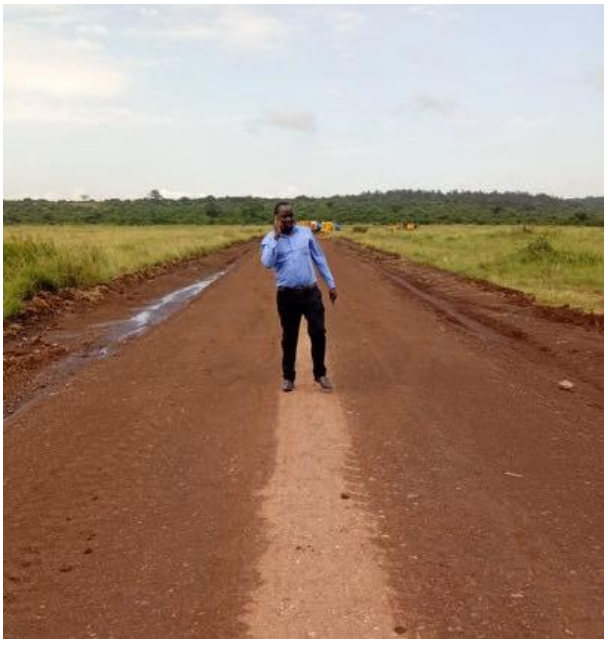
Fig 1: Variation of UCC (KN/m^2) values with Terrasil (%) at different curing period

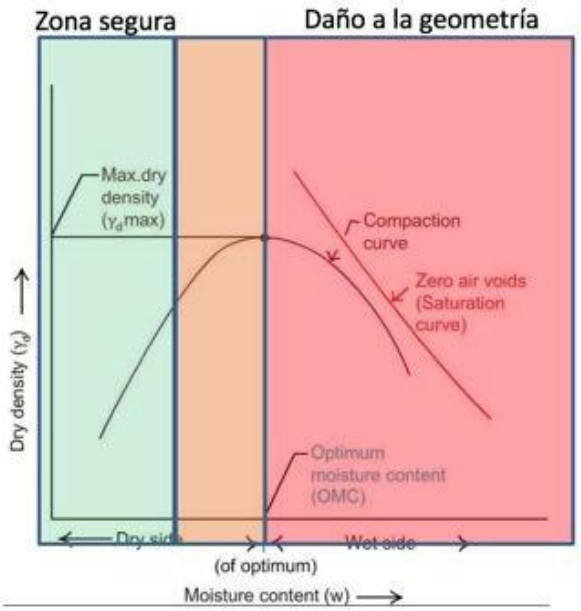
Fuente: International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) :Efeito do Terrasil nas Propriedades Geotécnicas do Solo Expansivo Misturado com Cal. Ajay Kumar Pandagre Rajesh Jain

EFEITO SOBRE A PERMEABILIDADE.

Com dosagens baixas de Terrasil, a sucção matricial do solo e a permeabilidade à saturação é reduzida, de modo que o solo permanecerá abaixo da umidade de saturação (condição insaturada) durante toda a vida da pista.

Em condições insaturadas, o solo comporta-se elasticamente, sem sofrer deformação permanente e, se a carga máxima aceitável (concebida a partir do módulo Resiliente) for adequada, a camada de solo tratada não será fatigada





Detalhe da área impermeabilizada com Terrasil

Fonte: Zydex Industries(USA)

Source: Optimasoil, apresentação para a Invias

Além disso, a absorção por acção capilar e o inchaço livre é reduzido ou eliminado. Desde que os pavimentos tenham um inchaço livre inferior a 20%, a não-inflação pode ser conseguida.

Fonte: Optimasoil, 8 horas de teste de campo de validação capilar

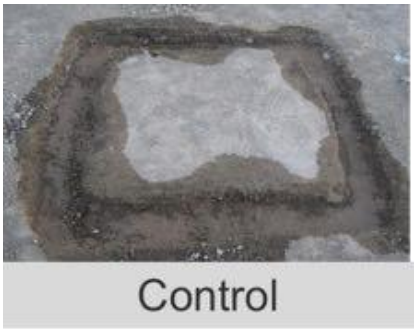
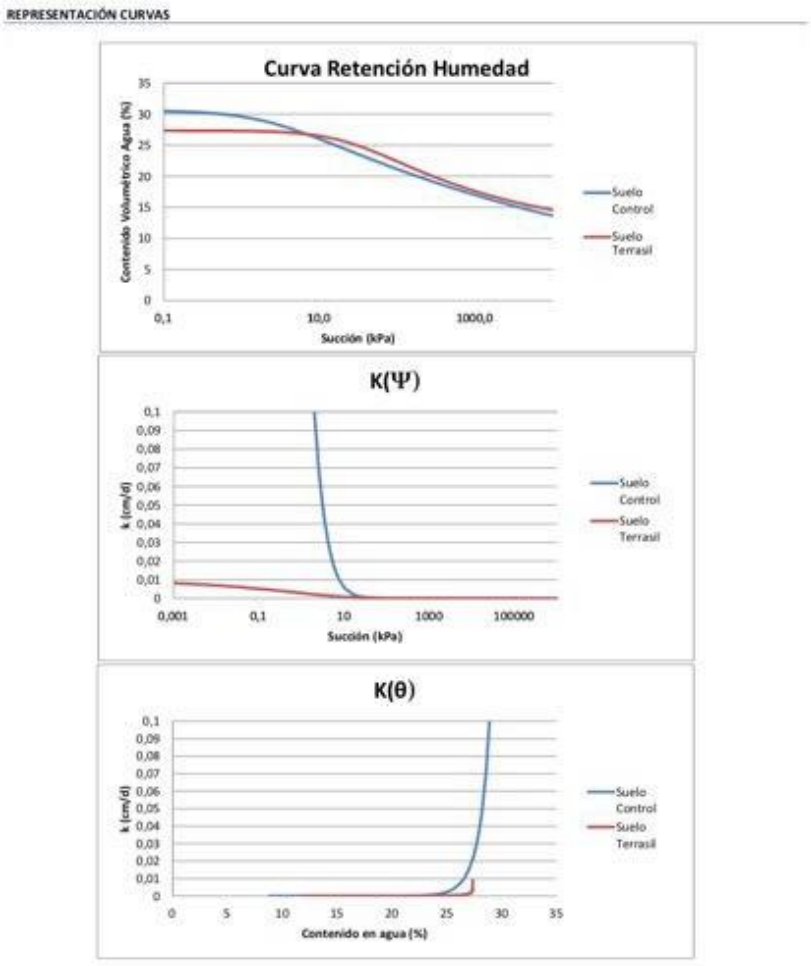


Table 3. Permeability tests on local and treated soils

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). ESTABILIZAÇÃO DO SOLO USANDO TERRASIL, ZYCOBOND E CIMENTO COMO ADUBOS. ÚLTIMOS PENSAMENTOS SOBRE TÉCNICAS DE MELHORIA DO TERRENO, 163-170.

Além da menor permeabilidade absoluta, os valores de permeabilidade em todas as faixas de umidade são praticamente zero até que a umidade de saturação seja atingida. Mesmo neste caso, o coeficiente de permeabilidade é muito baixo e equivalente a 0,01 cm / dia.



Variação das propriedades hidráulicas (sucção, permeabilidade) . Laboratório de Origem Ferrer

EFEITO EM OUTROS ENSAIOS

Além dos testes mencionados acima, temos ampla e variada informação sobre o efeito do Terrasil nos solos avaliados sob outros métodos que procuram resolver problemas específicos de uma rota e que são brevemente mencionados aqui:

Teste de durabilidade do solo-cimento:

O teste de durabilidade envolve a sujeição das amostras a 12 ciclos de wet-dry-abrasion com uma perda máxima de 2% de massa.

Os solos tratados com Terrasil e cimento excedem 12 ciclos enquanto os solos tratados apenas com Terrasil ou cimento não podem passar no teste.

Um piso sem tratamento não excederia o primeiro ciclo e um piso com cimento excederia apenas 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%.

Fonte: PERFORMANCE OF NANO-MATERIALS STABILIZADO PARA A CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS DE PMGSY. Khusboo Arora1 & Dr. Pramod Kumar Jain2

Tração indireta

É um teste que é realizado em materiais coesivos ou na presença de cimento.

Em geral, como o Terrasil não é um agente cimenteiro, não deve aumentar o valor da tracção indirecta. No entanto, este efeito tem sido observado em solos com Terrasil, bem como em solos com Terrasil e cimento e em solos com Terrasil e emulsão asfáltica em doses baixas

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. Investigação laboratorial de solo laterítico tratado com Terrasil e Cimento

Além do aumento da tracção indirecta, observa-se um TSR (relação entre a tracção seca e a tracção húmida) mais elevado

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**

Fonte: AVALIAÇÃO LABORATORIAL DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO RODOVIÁRIA MELHORADOS COM EMULSÕES NANO-MODIFICADAS (NMEs) I Akhalwaya e FC Rust

Stability and Flow Marshall.

Um solo com boa classificação combinado com cimento (1%-3%), Zycobond e Terrasil terá uma maior capacidade de sustentação do que uma mistura asfáltica, mantendo as suas características de flexibilidade e excelente resistência à humidade.

Estas camadas "Super Solo" podem ser usadas como um substituto para camadas de base asfáltica e proporcionam uma excelente estrutura rodoviária.

Nestes casos, sugerimos testar a estabilidade da Marshall na imersão em água a 60ºC e verificar a sua durabilidade ao longo do tempo.

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

Fonte: Zydex Industries Soil Laboratory. Gujarat

Além disso, testes de fadiga, tais como o teste de fadiga de flexão por raio de três pontos podem ser realizados para garantir a durabilidade ao longo do tempo.

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

Fonte: DESEMPENHO DOS NANO-MATERIAIS SOLO ESTABILIZADO PARA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS DE PMGSY Khusboo Arora1 & Dr. Pramod Kumar Jain2

COMBINAÇÃO COM OUTROS PRODUTOS

Terrasil pode ser aplicado sozinho em combinação com outros produtos como Cal, Cimento ou Polímeros (desde que sejam catiónicos)

Cal

A combinação do Terrasil com cal em baixas dosagens produz excelentes melhorias na impermeabilização e na capacidade de carga. Em geral, a adição de cal é recomendada quando o solo é muito expansivo ou a capacidade de suporte é muito baixa (< CBR
4) embora muitas vezes uma combinação de cal e Terrasil seja mais económica do que uma dose mais elevada de Terrasil.

Cimento

A combinação de Terrasil e cimento proporciona resistência à tração e aumento da capacidade de carga, enquanto protege o cimento do ataque por umidade, carbonação e formação de etringite. O uso do Terrasil é altamente recomendado em solos com sulfatos que vão ser estabilizados com cimento.

Polímeros (Zycobond)

O uso de polímeros reativos como o Zycobond melhora ainda mais a impermeabilização e proporciona uma interface mais elástica entre o cimento e as partículas de agregado, proporcionando maior durabilidade a partir da redução da rigidez.

MODOS DE APLICAÇÃO

Terrasil é um produto líquido que é fornecido em diferentes tipos de embalagem, sendo a mais utilizada a embalagem de 20 litros.

O terrasil dissolve-se na água (com a recomendação de que a água tenha um resíduo sólido máximo de 1000 ppm) formando uma solução transparente com viscosidade idêntica à da própria água, podendo ser regado ou doseado por pulverização com qualquer equipamento que possa bombear água ou mesmo por gravidade (tanques de irrigação, equipamento de aplicação pessoal, mangueiras, equipamento de estabilização do solo, etc...)

Existem várias formas de aplicar o produto, dependendo do benefício que você deseja obter.

Impermeabilização da rega:

Esta técnica consiste em aplicar uma solução de 1 parte de Terrasil em 300 partes de água e regar até à saturação de um solo compactado.

Quando ocorre a cura por evaporação, o solo tratado comportar-se-á como uma membrana impermeável (mas respirável) que impedirá a permeabilidade da água, quer por gravidade quer por capilaridade, tornando-se uma excelente protecção da infra-estrutura.

Esta solução também pode ser aplicada em estradas asfálticas cujo envelhecimento provoca fissuras e danos na camada de base devido à humidade.

Vedação da rega na via compactada. San Pedro de Urabá (Colômbia)

Vedação da irrigação na mistura asfáltica. Índia

Exibição do efeito de impermeabilização. Espanha e Peru

Estabilização húmida.

Para melhorar as capacidades estruturais do solo, de acordo com os parâmetros acima mencionados, o produto Terrasil é aplicado como qualquer outra estabilização húmida, adicionando Terrasil à água utilizada para a compactação.

O processo pode ser realizado com um equipamento estabilizador específico ou com uma motoniveladora. Em seguida, a mistura e a compactação são realizadas.

DOSAGEM

O processo de dosagem será o seguinte:

1. Calcular o conteúdo de Terrasil a ser contribuído para o solo (kg/m3): Ct (conteúdo de Terrasil por m3)

   Este parâmetro é normalmente 0,3kg/m3 a 2 kg/m3

   Exemplo: Ct= 0.4kg/m3

2. Calcular sempre a água a ser fornecida ao solo (diferença entre o teor óptimo de humidade para compactação (OMC) e o teor de humidade in-situ.

   Ha= Teor de humidade (por m3)

   Exemplo: Teor de humidade óptimo =14

   Umidade in-situ = 8% Umidade

   a ser fornecida =6% (HA%)

   Densidade = 2000 g/cm3 =d

   *Ha= HA% * d = 120 litros*

3. Calcular a razão de dissolução do Terrasil na água de compactação:

   Razão = Ha/Ct = 120/0.4 = 300

   Isto significa que 1 litro de Terrasil é adicionado ao tanque para cada 300 litros de água. Esta relação é normalmente entre 1:50 e 1:600

EXEMPLO DE PROCESSO DE CONSTRUÇÃO EM SOLO EXISTENTE

Escarificação do solo existente em 15 cm.

*Escarificación de 15 cm del material existente.

Adição de estabilizantes secos (cal ou cimento)

Se necessário, espalhar a quantidade calculada de cal ou cimento seco.

Enchimento do tanque de irrigação com água e contribuição do estabilizador na dosagem calculada.

Rega da solução de Água e Terrasil sobre o material.

*Terrasil+ rega em material previamente escarificado

Mistura do material a ser estabilizado

Nivelamento e perfilagem, bombagem e caleiras naturais

Compactação até que a densidade do projeto seja alcançada.

METODOLOGIAS DE DESENHO E BANCO DE DADOS DE TESTE

O Optimasoil tem os relatórios de teste referenciados no documento e muitos outros que não são mencionados, a fim de manter o documento curto.

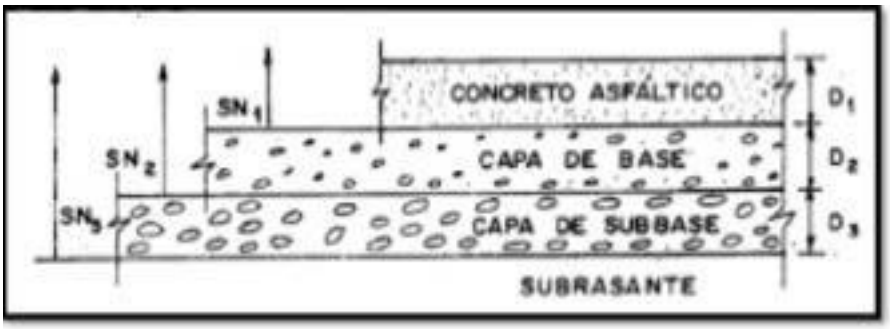
O Optimasoil sugere sempre a realização de ensaios relevantes para o projecto específico para avaliar o impacto do Terrasil em diferentes dosagens e sugere a melhor opção para o desenho específico.

Sugerimos fazer projetos alternativos com a Terrasil para verificar se há reduções de custo e melhor durabilidade para o caso específico do projeto (custos locais, critérios de projeto e limitações específicas)

EXEMPLO DE DESENHO AASHTO

No caso da metodologia de projeto AASHTO, os coeficientes estruturais da camada (derivados do aumento do módulo resiliente) e o coeficiente de drenagem (coeficiente de drenagem) são afetados principalmente, o que tem um impacto significativo no número estrutural resultante e, portanto, na durabilidade.

Por



vía

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

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

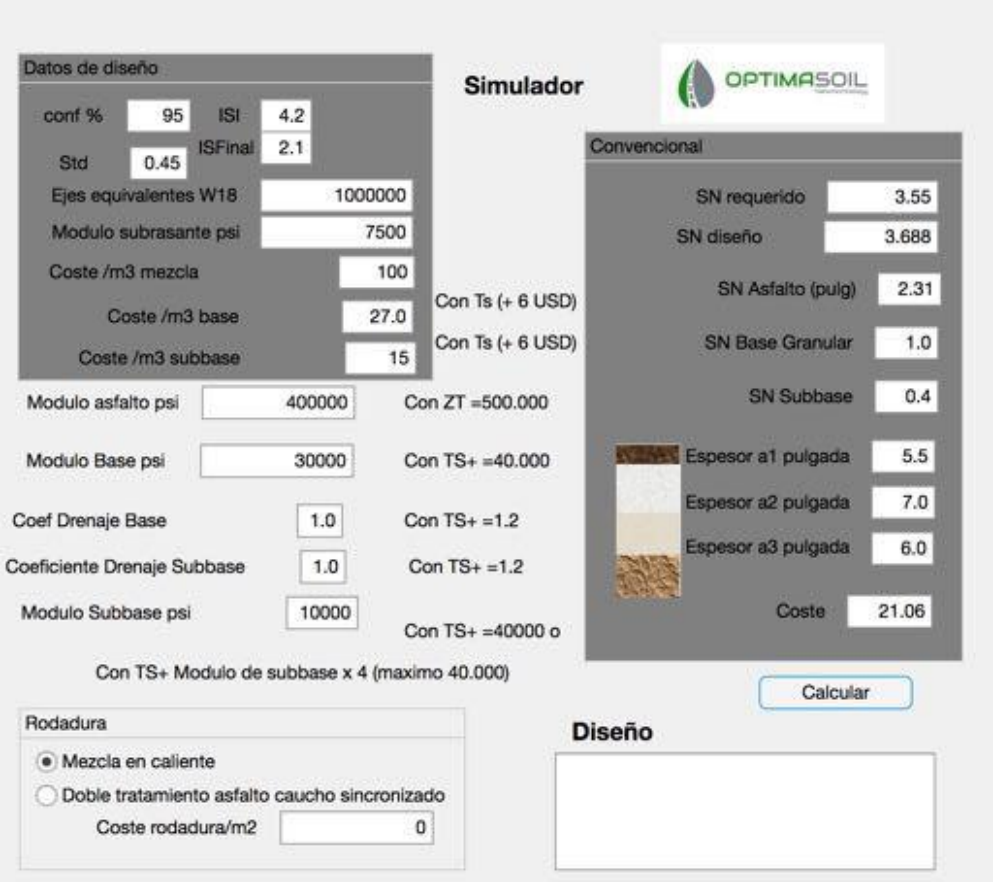
exemplo, para a rural, Concebido para para suportar 1 milhão de ESALs no período de concepção, há poupanças

importante na utilização dos pisos melhorados e impermeabilizados

Desenho convencional:

O projeto convencional com asfalto de mistura a quente obtém um número estrutural de 3.688 a um custo de 21,06 USD/m3

Parámetro	Valor
Número de eixos equivalentes	**1.000.000**
Diferença no nível de serviço	**2.1 (4.2-2.1)**
Std. confiança/desvio	**95%-0.45**
Variación estacional del valor de subvalorização	**Não**
Módulo de resiliência subgrada	**7500 psi**



Design convencional AASHTO. Optimasoil® Fountain

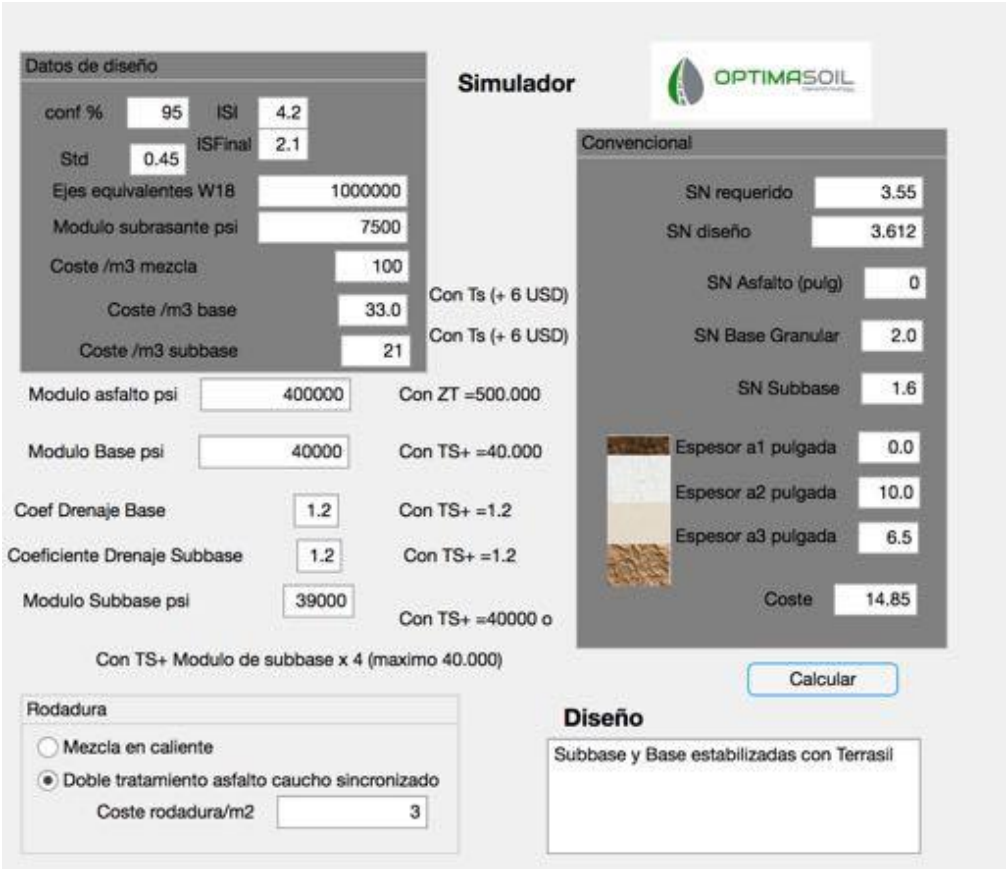
Design convencional, com banda de rodagem fria e solo estabilizado com Terrasil

A impermeabilização permite aumentar o coeficiente de drenagem de 1 para 1,2 (conservador) e aumentar a base e módulos de base até ao máximo permitido pela norma (275Mpa) (referência: Chingaza Granular Subbase Test e Obrainsa Granular Base Characterization)

O novo design permite a redução de custos, mantendo a durabilidade.

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.



OUTRAS METODOLOGIAS DE DESIGN

DO IRC: 37-2012 (INDIA)

Outras metodologias também mostram uma redução nos custos

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 Levantamento Científico do Uso da Química Terrasil para Estabilização do Solo

África do Sul (D1884)

O desenho alternativo para uma estrada (D1884) com Terrasil provou ser mais económico e rendeu um valor superior no simulador de tráfego pesado (7 milhões de eixos vs 3,5 milhões de eixos)

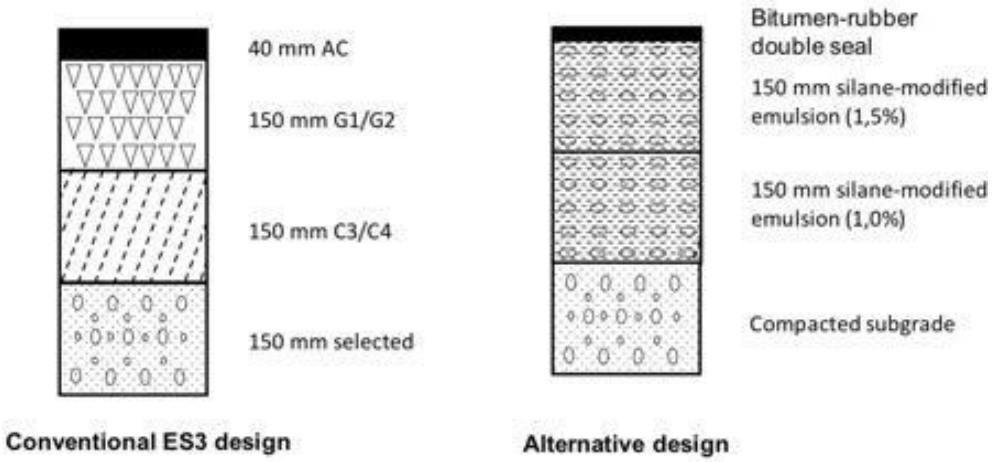


Fig. 1. Conventional and alternative designs for the D1884

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: Avaliação de uma base e sub-base estabilizada de emulsão nano-silano-modificada sob tráfego AVS

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

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

Departamento de Estradas e Transportes de Gauteng

PUBLICAÇÕES E ARTIGOS CIENTÍFICOS

O uso de Terrasil, Terrasil +, Zycosoil e outras versões de organosilanos fabricados pela Zydex Industries para estabilização do solo tem sido avaliado e documentado em um número crescente de artigos científicos, incluindo e a título de exemplo as seguintes referências:

PATEL, Nandan A.; MISHRA, C. B.; PANCHOLI, V. V. Levantamento científico do uso da química Terrasil para estabilização do solo. *International Journal of Research in Advent Technology*, 2015, vol. 3, no 6, p. 77-84.

RAGHAVENDRA, T., et al. Estabilização do solo de algodão preto usando Terrasil e Zycobond. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 2018, vol. 6, no 1, p. 300-303-300-303.

PANDAGRE, Ajay Kumar; JAIN, Rajesh. Estudo Experimental sobre Propriedades de Índice de Solo de Algodão Preto Estabilizado com Terrasil. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN*, 2017, p. 2395-0056.

ADERINOLA, Olumuyiwa S.; NNOCHIRI, Emeka S. Estabilização de solo laterítico com solução de terrasil. *Artigos Científicos Selecionados - Revista de Engenharia Civil*, 2017, vol. 12, no 1, p. 19-28.

CLEMENTE PANCHANA, Lissette Nathaly; RAMÍREZ BAQUERIZO, Jairo Omar. *Análise comparativa da estabilização do material da pedreira La Negrita utilizando cimento, terrasil, zycobond*. 2019. Tese de licenciatura. La Libertad: Universidade Estadual da Península de Santa Elena, 2019.

QUARTOS DE MERCADO, Dante. Estabilização do solo com adição de cimento e Aditivo Terrasil para a melhoria da base do Km 11+ 000 ao Km 9+ 000 da estrada Puno-Tiquillaca-Mañazo. 2018.

RODRÍGUEZ VINCES, Diego Israel. *Análise comparativa da compactação e humidade do subgrade natural e do subgrade utilizando produtos químicos biodegradáveis (terrasil), do caminho ecológico do cantão de Quevedo, província de Los Rios*. 2016. Tese de licenciatura. Universidade Técnica de Ambato. Faculdade de Engenharia Civil e Mecânica. Licenciatura em Engenharia Civil.

THOMAS, ANSU; RKTRIPATHI, LKYadu; ROY, SUDEEP. Estabilização do solo usando Terrasil. *International Journal of Earth Sciences and Engineering-ISSN*, 2016, p. 0974-5904.

SHIRAHATTI, Pavankumar N.; KALLIMANI, P. M.; RAJASHEKHAR, M. S. Aplicação de geo-têxtil e química de terrasil para reduzir a permeabilidade do solo. *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. Melhoria das Propriedades do Solo Usando Terrasil Não Químico: Uma revisão.

PADMAVATHI, V., et al. Estabilização de solos usando Terrasil, Zycobond e Cimento como Adubos. En *International Congress and Exhibition" Sustainable Civil Infrastructures: Geotecnologia de Infra-Estruturas Inovadoras".* Springer, Cham, 2018. p. 163-170.

MEERAVALI, Karumanchi; RUBEN, Nerella; RANGASWAMY, Kodi. Estabilização da argila mole com nanomaterial: Terrasil. *Materiais Hoje em dia: Procedimentos*, 2020.
RAGHUWANSHI, Anand Kumar; BHARGAVA, Saurabh; GUPTA, Pallavi. Melhoria do Solo de Algodão Preto com Cimento & Flyash Tratado com Terrasil. 2016.

MULLA, Afreen Abulkasim; GUPTHA, K. G. Estudo Comparativo e Investigação Laboratorial de Estabilização do Solo Usando Terrasil e Zycobond. En *Construção Sustentável e Materiais de Construção*. Springer, Singapura, 2019. p. 757-769.

ALI, MOHAMMED SUFIYAN, et al. ESTABILIZAÇÃO DE SUBGRADA DE SOLO UTILIZANDO LIXA, CIMENTO E TERRASIL QUÍMICO COMO ADITIVO. 2019.

CANTANDO, Sandeep. Análise Microestrutural de Argila após Treateamento com Terrasil-A Nano Química.

RAJU, VR Prasada. Estudo das Propriedades Geotécnicas do Solo Expansivo Tratado com Cinzas e Terrasil de Casca de Arroz.

OLANIYAN, O. S.; AJILEYE, V. O. CARACTERÍSTICAS DE RESISTÊNCIA DO SOLO LATERÍTICO ESTABILIZADO COM NANO-QUÍMICOS DE TERRASIL E ZYCOBOND.

SOLO, PAVIMENTAÇÃO USANDO SUB-BASE. ANÁLISE ECONÓMICA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL, UTILIZANDO SOLO SUB-BASE ESTABILIZADO COM ZYCOBOND E TERRASIL.

GARCÍA CASTILLO, Ximena Alexandra, et al. *Comparação dos efeitos dos diferentes métodos de estabilização de subgraus sobre as argilas de Bogotá*. 2015. Tese de licenciatura. Bogotá-Uniandes.

PATEL, Nandan A., et al. Estabilização de solos secundários usando Aditivos Químicos. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN*, 2015, p. 2395-0056.

OBREGÓN VÁSQUEZ, María Fernanda, et al. Análise da viabilidade de processos de estabilização com produtos químicos em estradas terciárias, com base na avaliação econômica e ambiental, tomando como referência (estudo de caso) o Teste Piloto Antioquia 2015, e sua aplicabilidade nas estradas terciárias que se conectam com a rota do cacau (Santander).

CALDERON, Christopher; ANGEL, Michael. Estabilização iónica do solo com terrasil em contratos de manutenção e conservação de estradas. 2015.

EWA, D. E.; EGBE, E. A.; AKEKE, G. A. Efeitos da Nano-Química nas Propriedades Geotécnicas do Subgrau Ogoja.

ROY, Souvik; SARKAR, Dipankar; PODDER, Protyay. Avaliação Laboratorial da Camada de Curso Básico Modificado de Cimento Estabilizado Tratado com Nano

ROY, Souvik; PATIDAR, Aman; SARKAR, Dipankar. Um Estudo de Viabilidade da Substituição da Camada do Curso Base Convencional em Pavimento Flexível por Materiais Localmente Disponíveis.

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

PANDOR, Vishala. Estabilização do solo de algodão preto usando aditivo químico. 2017.

RUALES, Franco Rojas; FLORES, Patricio Romero; VINUEZA, César. METODOLOGIA PARA A CONCEPÇÃO DE MICRO-SUPERFÍCIES DE BAIXO CUSTO PARA SOLOS DE TIPO SEDIMENTOS ORGÂNICOS ARENOSOS (OL).

KUMAR, Rakesh; ADIGOPULA, Vinod Kumar. *Uma Correlação entre os Módulos de Cálculo Posterior LWD com os Resultados do Penetrômetro de Cone Dinâmico para Camada Subgrada*. 2017.

WARDANI, Sri Prabandiyani Retno, et al. A INTEGRAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS ADAPTAÇÃO E MITIGRAÇÃO EM CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE. Em *PIARC INTERNATIONAL SEMINÁRIO INTERNACIONAL*. 2014. p. 1-13.

KUMAR, Rakesh; ADIGOPULA JR, Vinod Kumar; GUZZARLAPUDI, Sunny Deol. Avaliação do controle de qualidade com base na rigidez de solos de subclasse modificados usando Deflectómetro. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2017, vol. 29, no 9, p. 04017137.

JORDAN, Christopher S.; DANIELS, John L.; LANGLEY, William. Os efeitos da temperatura e do ciclismo seco nos solos repelentes de água. *Environmental Geotechnics*, 2015, vol. 4, no 4, p. 299-307.

MANITEJ, PENUMALLA; NAIDU, K. RAMI. EFEITO DA CAPACIDADE DE TROCA DE CÁLCIO SOBRE AS PROPRIEDADES DO SOLO DE ALGODÃO PRETO.

BECERRA SANTILLÁN, Anthony César Fernan; HERRERA GONZÁLES, Alfredo Emmanuel. ESTABILIZAÇÃO DE ARGILAS, AREIAS E AFIRMADO, USANDO OS CIMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA E QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018. 2019.

QUACKENBOSS, John S., et al. *Construção de leitos de estrada à prova de água*. Patente americana nº 8,348,547, 8 Ene. 2013.

FORÇA, INVESTIGAÇÃO DA MECÂNICA. REVISTA GLOBAL DE CIÊNCIA E PESQUISA EM ENGENHARIA.

SHEHATA, Hany; POULOS, Harry (ed.). *Últimos Pensamentos sobre Técnicas de Melhoria do Solo: Anais do 2º Congresso e Exposição Internacional GeoMEast sobre Infra-estruturas Civis Sustentáveis, Egito 2018-O Congresso Internacional Oficial do Grupo de Interação Solo-Estrutura no Egito (SSIGE)*. Springer, 2018.

REINOSO, ING ADRIAN XAVIER QUILAMBAQUI. *"AVALIAÇÃO DO DESENHO DE ESTRADAS URBANAS UTILIZANDO RESINAS ORGÂNICAS PARA AUMENTAR A CAPACIDADE*

SUPORTE DA ESTRUTURA DA VIA". 2017. Tese de doutoramento. UNIVERSIDADE DE CUENCA.

ÁLVAREZ MONTOYA, Manuel Santiago, et al. *Estabilização química de solos em projectos de infra-estruturas rodoviárias em Antioquia*. 2015. Tese de Doutoramento. AIA universitária.

DAS, Bibhuti Bhusan; NEITHALATH, Narayanan (ed.). *Construção Sustentável e Materiais de Construção: Selecionar Procedimentos da ICSCBM 2018*. Springer, 2018.

FAPOHUNDA, C. A.; AMU, O. O.; BABARINDE, O. F. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO GEOTÉCNICO E ESTRUTURAL DO SOLO ESTABILIZADO EM CIMENTO COM CINZAS DE SERRA (SDA). 2019.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Actualmente, o Terrasil é utilizado em vários países e em alguns deles é directamente especificado pelo departamento de transportes.

Como exemplo das diferentes aplicações, são mencionados alguns projectos:

ESTRADA DO KARJAN (ÍNDIA)

Esta estrada liga duas pequenas cidades, que estão sujeitas a chuvas torrenciais durante 4 meses do ano.

A estrada construída com Terrasil mantém as suas propriedades enquanto a estrada de controle teve que ser reconstruída várias vezes.

O relatório completo pode ser encontrado no anexo. Estrada de Karjan

CACHOEIRA DA LUNDA NORTE (ANGOLA)

Dados do projeto

Projeto: Estabilização de material de sub-base 65 KM , 10 mts de largura, 25-30 cm de espessura Laterites (material de lodo vermelho-avermelhado arenoso)

Cliente:	ODEBRECHT ANGOLA (2013)
Comprimento:	65 km
Amplo:	10 metros
Profundidade:	25-30 cm
Material:	Laterites (rijizo arenoso e amanteigado)

Localização

A secção foi desenvolvida em Lunda Norte

Estudos de laboratório e secção de testes

De acordo com o estudo laboratorial anterior e secção de ensaio executado, 150 m de comprimento x 10 m de largura e 25-30 cm de espessura, foi utilizado o material a estabilizar (areia sedimentosa vermelha ou laterite), para a aplicação da obra Catata-Luvua, Lunda Norte, 1 kg/m3 de Terrasil, numa espessura de 25-30 cm, na camada de subgrade.

A solução determinada para a secção da via acabada seria a seguinte: Material

existente.

Camada inferior estabilizada com Terrasil 25-30 cms.

Subcamada de base.

Camada base.

Irrigação primária. Asfalto

de mistura quente.

As principais características do Terrasil no projecto Catata-Luvua Lunda Norte foram as seguintes:

- Melhorará o material de projeto disponível. Foram realizados testes laboratoriais para verificar os parâmetros em estudo. Melhoria da RBC, compressão não confinada,...
- A dosagem proposta para alcançar as melhorias é de 1 Kg/m3 de Terrasil, daí a importância dos estudos laboratoriais anteriores.
- Pode ser combinado com cimento ou cal, se necessário.
- Reduz a permeabilidade do material, que é muito importante em áreas de alta pluviosidade e chuva torrencial, como a área do projeto.
- Reduz o inchaço e a expansividade.
- Melhora as densidades. Melhoria de dois pontos na compactação no local.

O terrasil não é corrosivo e não produz lixiviados no solo.

PROCESSO DE CONSTRUÇÃO.

Colocação de material a ser estabilizado

- 25-30 cm de espessura de material laterítico a ser estabilizado

Encher o tanque com água e produto de acordo com os cálculos iniciais

*Enchimento do tanque com a solução previamente estabelecida.

Regar com Terrasil

*Rebeber o Terrasil em material previamente estendido.

Homogeneização do material

*Preparação do material a ser estabilizado

*Nivelamento e perfilagem da superfície

Compactação

*Compactação do rolo

Regularidade da superfície

*Final profiling e refinação com uma motoniveladora

Compactação definitiva

*Compactação necessária no projeto.

EXEMPLOS DO USO DA TECNOLOGIA ZYDEX NAS ESTRADAS

Ano	País	Cliente	Projeto	Tipo
2010	Índia	Governo de de Gujarat	Estrada de Karjan	Estabilização e mistura de asfalto
2013	Peru	Obrainsa-Odebrech	Consórcio est da rada (Ayabaca) do norte	Estabilização e chorume
2015	Peru	Copisa (Consórcio SELCAS)	Moyobambda	Estabilização e chorume
2017	Peru	Cosapi/Mota Engil	Consórcio Vizcachane	
2014	Colômbia	Governo de Antioquia	Granada - Sancarlos	Estabilização dos caminhos em linha pavimentação
2016	Colômbia	Município de de Chia	Estrada principal de Chia (Cundinamarca)	Estabilização e chorume
2017	Colômbia	CCC Lozada Construção Civil	Mocoa	Estabilização e chorume
2016	Colômbia	CCC Lozada Construção Civil	Prefeitura de Bogotá	Reciclagem no local e mistura a quente
2016	Colômbia		ViaUramita-Pequeno	Estabilização de rotas em linha pavimentação
2014	Nigéria	Enugu (aeroporto)		Extensão do pistão desembarque
2016	Índia	Rural Estrada, Sector19, Gandhinagar, Gujarat		

2019	Colômbia	Aqueduto Chingaza	Estrada de acesso ao aqueduto	Estabilização da estrada pavimentação
2016	México	SCT	Campeche, novo coabitante	Estabilização da estrada pavimentação
2020	Colômbia	IMMAC	Centro Comercial Agrícola	Estabilização de um centro comercial agrícola
2018	Madagáscar	Tamave		Estabilização de ruas Madagáscar
2017	Equador	ProvínciaDal Azuary, Equador		
2017	Espanha	Câmara Municipal de Badajoz	Estacionamento San Cristobal	

Outros projetos com a tecnologia Zydex

Año PK	*País*	*Empresa*	*Vía*	*Mezcla*	*Tn ou*
2014	*Colômbia*	*Pavimentação*	*Auto-Estrada Medellín Bogotá ...*	*MDC-1 e MDC-2*	
2014	*Colômbia*	*Murcia y MurciA, S.A.*	*Via Bogota Villavicencio*	*MDC-2*	*42.000 Tn*
2015	*Colômbia*	*Pavimentação*	*Parques del Rio em Medellín...*	*MDC-1 e MDC-2*	
2015	*Colômbia*	*Murcia y Murcia, S.A.*	*Vários*	*MDC-2*	*42.000 Tn*
2015	*Colômbia*	*KMA*	*Concessão Rodoviária Córdoba - Sucre*	*MDC-2*	*305.150 km*
2016	*Colômbia*	*Pavimentação*	*Vários...*	*MDC-1 e MDC-2*	
2016	*Colômbia*	*Murcia y Murcia, S.A.*	*Vários*	*MDC-2*	
2016	*Colômbia*	*KMA*	*Concessão Rodoviária Ruta Caribe Mutata*	*MDC-2*	*324,00 km*
2014	*Equador*	*Asfalto EP*	*Ruas da bacia interior*	*Pasta asfáltica*	*15Km*

2014	*Equador*	*Manabi Constrói EP*	*Bahia-San Isidro Estradas internas Portoviejo Estrada lateral Portoviejo-Montecristi Portoviejo Estradas Ruralles na província de Manabi*	*Laminaçã o Laminaçã o*	*20Km 8Km 25Km 5Km 100Km*
2014	*Equador*	*Conselho Provincial do Ouro*	*Estradas rurais na província*	*Filmagem*	*22Km*
2014	*Equador*	*Município de Machala*	*Ruas internas de Machala*	*Filmagem*	*60Km*
2014	*Equador*	*Manabí constrói o EP*	*Bahia - san isidro Estradas internas Portoviejo Estrada lateral Portoviejo-Montecristi Portoviejo Estradas rurais na província de Manabí*	*Laminaçã o Laminaçã o Laminaçã o*	*20Km 8Km 25Km 5Km 100Km*
2014	*Equador*	*Conselho Provincial do Ouro*	*Estradas rurais na província*	*Filmagem*	*22Km*
2014	*Equador*	*Município de Machala*	*Ruas internas de Machala*	*Filmagem*	*60Km*
2014	*Equador*	*Falta empresa de construção*	*Secção 3 da via ocidental*	*Filmagem*	*8Km*
2014	*Equador*	*Consermín*	*Cuenca - Gualaceo*	*Filmagem*	*22Km*
2014	*Equador*	*Construtor de estradas*	*E35 - pucará*	*Filmagem*	*15Km*
2014	*Equador*	*Asfalto e concreto*	*Gualaceo -Limón secção 1*	*Filmagem*	*30Km*
2014	*Equador*	*Empresa de Construção de Carvallo*	*Areias - santa rosa*	*Filmagem*	*25Km*
2014	*Equador*	*Construção Ormazabal Valderrama*	*Ruas de Guayaquil*	*Filmagem*	*5Km*
2014	*Equador*	*Obraciv*	*Ruas de Ibarra e Tulcan*	*Filmagem*	*15Km*
2014	*Equador*	*Hidrobo Estrada Empresa de Construção*	*Gualaceo - limão secção 2*	*Filmagem*	*30Km*
2014	*Equador*	*LPG Estrada EP*	*Catacocha - Pindal*	*Duplo tratamento de superfície*	*25Km*
2014	*Equador*	*Angos & Sons Construction Company*	*Ananases - Advanced County - Middle of the World*	*Laminaçã o*	*35Km 20Km*
2014	*Equador*	*Construtora Julimarti*	*As estradas de apoio de Manabi constroem*	*Filmagem*	*40Km*
2014	*Equador*	*Empresa pública Emuvial EP*	*Ruas internas de Santa Elena*	*Filmagem*	*6Km*
2015	*Equador*	*Alvarado Ortiz Empresa de Construção*	*Ruas internas de Ambato Interoceánica de Quito T-1*	*Filmagem Base e Roda*	*25Km 8Km*

2015	*Equador*	*Empresa de Construção Lozada*	*Secção Inter-Oceânica 3*	*Filmagem*	*5Km*
2015	*Equador*	*Ocampo Construction Company*	*Ruas internas de Quito*	*Filmagem*	*20Km*
2015	*Equador*	*Hidalgo e Hidalgo Construção*	*Quevedo Road Ring Secção 1*	*Filmagem*	*12Km*
2015	*Equador*	*Empresa de Construção Herdoiza Crespo*	*pan-americano do norte*	*Filmagem Base e Roda*	*70Km*
2015	*Equador*	*Município de Azogues*	*Ruas internas de azogues*	*Filmagem*	*12Km*
2015	*Equador*	*Município da Bacia*	*Ruas da bacia interior*	*Filmagem*	*10Km*
2015	*Equador*	*Fopeca Construções*	*Quevedo Road Ring Secção 2*	*Filmagem*	*12Km*
2015	*Equador*	*Cevallos Hidalgo Construção*	*Ruas internas de Santo Domingo*	*Filmagem*	*9Km*
2015	*Equador*	*Município de Loja*	*Ruas internas da Loja*	*Rolamento, bases*	*15Km*
Ano	*País*	*Empresa*	*Via*	*Tipo de*	*Tn ou PK*
2015	*Equador*	*Município de Santa Rosa*	*Ruas internas de Santa Rosa*	*Filmagem*	*18Km*
2015	*Equador*	*Inductroc*	*Ruas de Guayaquil*	*Filmagem*	*20Km*
2015	*Equador*	*Constructora Verdú*	*Pifo - Tumbaco*	*Filmagem Base e Roda*	*10Km*
2014	*Peru*	*Moro SRL*	*Ruas de Lima - as oliveiras*	*Filmagem*	*15Km*
2014	*Peru*	*empreiteiros JMK*	*Piura - Sechurra*	*Filmagem*	*12KM*
2014	*Peru*	*Obrainsa*	*Quilca - Matarani*	*Filmagem*	*22Km*
2015	*Peru*	*Empreiteiros T e r*	*Lima - Ruas de San Juan*	*Filmagem*	*10Km*
2015	*Peru*	*Delheal SAC*	*Lima - Ruas da Vitória*	*Filmagem*	*32KM*
2015	*Peru*	*empreiteiros JMK*	*Lima - Linha Amarela*	*Filmagem*	*42KM*
2015	*Peru*	*centro de Lirsa*	*Huancayo - la Oroya - Cerro de Pasco - Lima*	*Filmagem*	*120Km*
2016	*Peru*	*asfaltos TDM*	*Trujillo - Via Evitamiento*	*Filmagem*	*25Km*
2013	*Peru*	*Obrainsa*	*Consórcio Rodoviário do Norte*	*Estabilização*	
2014	*México*	*Jorge Enrique Mercader*	*Cancun- Tulum*	*SMA*	*20 km*

2014	*México*	*Emulsões Asfalto da Baía*	*Quintana Roo*	*Vários*	*15000 toneladas*
2015	*México*	*Emulsões asfálticas da área da baía*	*Tulum-Felipe Carrillo Puerto*	*Interrompido, Protocolo AMAAC*	*12 km*
2015	*México*	*Jorge Enrique Mercader*	*Quintana Roo*	*Vários*	*15000 toneladas*
2015	*México*	*ASF Pavimentos*	*Aeroporto e Ruas de Veracruz, Estado de Veracruz*	*Vários*	*12500 tn*
2015	*México*	*TRABISA*	*Aeroporto e Ruas de Veracruz, Estado de Veracruz*	*Ultra-fino*	*12 km*
2015	*México*	*Samuel Lom*	*Estado de Veracruz*	*Rolos e Bases*	*5000 toneladas*
2013	*Espanha*	*AM Alonso*	*Toledo*	*A rolar, Intermediários e Bases*	*5000 toneladas*
2013	*Espanha*	*Riojana de Asfaltos*	*Rioja*	*Laminagem, Intermediário e Bases*	*4000 toneladas*
2013	*Espanha*	*Ismael Andrés*	*Rioja*	*Laminação, Intermediário e Bases*	*30.000 t*
2014	*Espanha*	*Pavasal*	*Valência*	*A rolar, Intermediário e Base*	*25.000 t*
Ano	*País*	*Empresa*	*Via*	*Misture*	*Tn ou PK*
2014	*Espanha*	*Elsan*	*Alarpardo ,ruas*	*A rolar, Intermediários e Bases*	*5000 toneladas*
2015	*Espanha*	*Riojana de Asfaltos*	*Rioja*	*Base*	*12.000 t*
2015	*Espanha*	*Sorigue*	*Lleida*	*Filmagem*	*2000 t*
2015	*Espanha*	*Pavasal*	*Valência*	*Laminação, Intermediário e Bases*	*30.000 t*
2015	*Espanha*	*Ismael Andrés*	*Rioja*	*A rolar, Intermediários e Bases*	*30.000 t*
2018	*Espanha*	*Caterpillar*	*Málaga*	*Estabilização com Terrasil*	
2015	*Espanha*	*Asfalteiros*	*Huesca*	*Filmagem*	*15.000 t*
2014	*Europa**	*Pzedsiq Enterprises o Estrada e Ponte GODROM*	*Lublin*	*Laminação, Intermediário e Bases*	*6000 toneladas*
2014	*Europa**	*Lemminkainen Sverige AB*	*Suécia*	*A rolar, Intermediários e Bases*	*5000 toneladas*
2014	*Europa**	*O departamento de construção de estradas da empresa DROGOPOL - ZW Sp. z o. o.*	*Polinia*	*Laminação, Intermediário e Bases*	*18.000 t*

2014	*Europa**	*Nynas AB*	*Suécia*	*A rolar, Intermediários e Bases*	*25000 toneladas*
2014	*Europa**	*Outras empresas*	*Europa*	*Laminagem, Intermediário e Bases*	*50.000 toneladas*
2014	*Europa**	*PEAB (Nynas AB)*	*Novo troço de auto-estrada da E4 contornando o centro da cidade de Sundsvall*	*Laminagem (SMA 16) Intermediasy Bases*	
2014	*Europa**	*PEAB (Nynas AB)*	*Câmara Municipal de Sundsvall*	*Filmagem*	*12000 toneladas*