



**ACIEM**

Asociación Colombiana  
de Ingenieros

Capítulo **Cundinamarca**

# Institucionalidad

- ACIEM: Asociación Colombiana de Ingenieros, con **59** años de existencia (19 Julio 1957 – 19 Julio 2016).
- Cuerpo Técnico Consultivo del Gobierno Nacional para asuntos relacionados con la Ingeniería (**Ley 51 de 1986**) en los sectores de: Educación; Aeronáutica; Energía; Infraestructura de Transporte Telecomunicaciones/TIC; Empresarial; Mecánica y Mantenimiento, entre otros.
- **14.000** Afiliados a nivel nacional.



# Comisiones de Estudio

1. Ética.
2. Aeroespacial.
3. Electrónica y Telecomunicaciones.
4. Energía.
5. Integración y promoción profesional.
6. Infraestructura de Transporte.
7. Promoción y Desarrollo Empresarial.
8. Reglamentos Técnicos de Construcción
9. Gestión de Activos y Mantenimiento
10. Televisión

# ¿Cómo se construye el pensamiento de ACIEM?

**200 Ingenieros de distintas especialidades forman parte de las Comisiones de Estudio.** Electricistas, Electrónicos, Telecomunicaciones, Químicos, Sistemas, Mecánicos, Aeronáuticos y Civiles.

**Encuentros permanentes con autoridades de cada sector.**

**Cartas, documentos, estudios y pronunciamientos a:**

- Gobierno Nacional
- Congreso de la República
- Entidades Regulatorias, de Vigilancia y Control
- Afiliados a ACIEM
- Medios de Comunicación





# Comisión de Infraestructura de Transporte



Capítulo Cundinamarca


- **Métodos Alternativos de Transporte**
- **Planeación e Institucionalidad**
- **Movilidad e Infraestructura Urbana**
- **Aplicación Nuevas Tecnologías en la Infraestructura Vial**
- **Vías Terciarias**
- **Foro Nuevas Tecnologías en Infraestructura Vial**





# **NUEVAS TECNOLOGIAS EN VÍAS**

**(ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE SUELOS)**

- 
- ANTECEDENTES
  - PROBLEMAS - PROPUESTA
  - COMPOSICION QUIMICA DE SUELOS
  - PRODUCTOS - METODOLOGIA
  - RESULTADOS
  - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



La inestabilidad de los suelos es el principal problema que dificulta la comunicación de los municipios, elevando la inversión en construcción de carreteras.





El mantenimiento y mejoramiento se realizan reponiendo, escarificando y, algunas veces, humedeciendo y compactando del suelo.

**Costos Altos para mejoramiento**

**No hay fuentes de materiales cercanos**

**Condiciones Climáticas adversas**

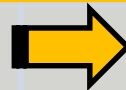
Utilizar los mismos materiales de las Vías

**COMO?**



Transformando Químicamente los materiales problema

Arcillas, Limos, Amorfos



Materiales aptos para soportar cargas del tráfico



**Convirtiéndolos en Materiales Rocosos**



**EVOLUCION: MILLONES DE AÑOS**



Ej.: Formación Guyana

## ROCAS METAMORFICAS



# **LOS SUELOS VARIAN SU COMPOSICIÓN QUÍMICA**

COMPONENTES	FORMULA	San Andrés – Málaga		Guaca Los Curos		Encino La Cantera	San Bernardo-Moñitos
		1	2	1	2	Arcillas del suelo original	Arcillas del suelo original
Cuarzo	$\text{SiO}_2$	X	X	X	X	-	-
Illita 2M1*	$\text{K,H}_3\text{O)Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$	X	X	-	X	X	X
Kaolinita 1A*	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	X	X	-	-	X	X
Magnetita	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	X	X	X	X	-	-
Calcita	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	X	-	-	-	-	-
Lizardita-2H	$\text{Mg}_{2.35}\text{Fe}_{0.13}\text{Al}_{0.52}((\text{Si}_{1.41}\text{Al}_{0.59})\text{O}_5)(\text{OH})_4$	-	-	X	X	-	--
Gibbsite	$\text{Al}(\text{OH})_3$	--	-	X	-	-	-
Sulfato de Calcio	$\text{CaSO}_4$	-	-	-	X	-	-
Vermiculita	$((\text{MgCa})_{0.3}(\text{Mg,Fe,Al})_3(\text{AlSi})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O})$	-	-	-	-	X	-
Montmorillonita	$\text{Ca}_{0.2}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	-	-	-	-	X

COMPONENTES	FORMULA	Llanos Orientales				Petrolea-El Zulia		Tibu-La Cuatro	
		1	2	3	4	1	2	1	2
CUARZO	SiO <sub>2</sub>	X	X	X	X	X	X	X	X
CAOLINITA	Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub>	X	X	X	X	X	X	X	X
GIBBSITA	Al(OH) <sub>3</sub>	-	-	X	X	-	-	-	-
HEMATITA	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	X	X	X	X	-	-	-	-
ANATASA	TiO <sub>2</sub>	X	X	X	X	-	-	-	-
RUTILO	TiO <sub>2</sub>	-	X	-	-	-	-	-	-
VERMICULITA 2	Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	X	X	X	X	-	-	X	X
AMORFOS	-	X	X	X	X	-	-	-	-
CALCITA	CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	-	X	-	-	-
MONTMORRILLONITA	Na <sub>0.3</sub> (Al,Mg) <sub>12</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	-	-	-	-	-	X	-	-
ALBITA	Na ( Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	-	-	-	-	X	-	-	-
ADULARIA	Na ( Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	-	-	-	-	X	-	-	-
ANATASA	Na ( Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	-	-	-	-	X	X	X	X
MOSCOVITA	( K, H <sub>3</sub> O ) Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> Al O <sub>10</sub> ( OH ) <sub>2</sub>	-	-	-	-	X	X	X	X
CHABACITA	Ca <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>24</sub> ·12 H <sub>2</sub> O	-	-	-	-	-	X	-	-
CLINOCLORO	Ca <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>24</sub> ·12 H <sub>2</sub> O	-	-	-	-		X	X	X
MICROLINA	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	-	-	-	-	-	-	X	X

## NOMBRES GENÉRICOS

- Aceites sulfonados nafténicos.
- Enzimas.
- Polímeros.
- Sales (mezclas predeterminadas).
- Plastificantes.
- Otros.

**Nota: Con nueva tecnología pueden emplearse cerca de 20 productos "Genéricos"**



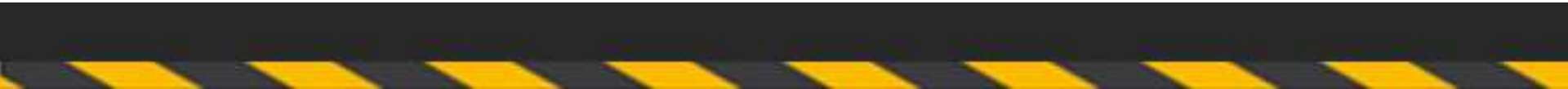






# **RESULTADOS**

## **DE UNA APLICACIÓN DE ESTA METODOLOGÍA**



**Tabla 1.**

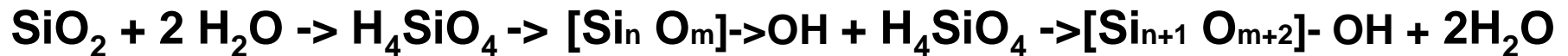
Descripción de los resultados del suelo original y estabilizado.

NO	Componente	Formula	Cuantitativo (%)		
			Suelo original	Suelo estabilizado con CaO	
1	CUARZO	SiO <sub>2</sub>	29,6	38,8	Aumentó
2	ALBITA	(Na <sub>0,98</sub> Ca <sub>0,02</sub> )(Al <sub>1,02</sub> Si <sub>2,98</sub> O <sub>8</sub> )	16,1	21,7	Aumentó
3	HEMATITA	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	NP	Desapareció
4	MICROCLINA	K(Si <sub>0,75</sub> Al <sub>0,25</sub> ) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	13,9	5,4	Disminuyó
5	CALCITA	CaCO <sub>3</sub>	NC	NC	-
6	DOLOMITA	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NC	NP	-
7	CAOLINITA	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	3,1	NP	Desapareció
8	ANATASA	TiO <sub>2</sub>	NC	NP	-
9	CLINOCRISOTILO	Mg <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	4,7	NC	Desapareció
10	VERMICULITA	Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	2,9	NP	Desapareció
11	MOSCOVITA	KAl <sub>2,2</sub> (Si <sub>3</sub> Al) <sub>0,975</sub> O <sub>10</sub> ((OH) <sub>1,72</sub> O <sub>0,28</sub> )	4,3	2,7	Disminuyó
12	CLINOENSTATITA	Mg <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	NP	NC	Apareció
13	NONTRONITA	Na <sub>0,3</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>24</sub> H <sub>2</sub> O	NP	7,2	Apareció
14	CORDIERITA	(Mg <sub>0,30</sub> Fe <sub>0,70</sub> ) <sub>2</sub> (Na <sub>0,05</sub> (Al <sub>4</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>18</sub> )(H <sub>2</sub> O) <sub>0,66</sub> )	NP	3,1	Apareció
15	CLINOCLORO	(Mg <sub>2,96</sub> Al <sub>1,55</sub> Fe <sub>1,275</sub> )(Si <sub>2,622</sub> Al <sub>1,376</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>8</sub>	NP	12,4	Apareció
16	ORTOCLASA	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	NP	2,8	Apareció
17	AMORFOS Y OTROS	-	24,8	5,9	Disminuyó

Resultados del suelo 2					
No.	Grupo mineral	Estructura	Cuantitativo (%)		
			Suelo original	Suelo estabilizado con Silicato	
1	CUARZO	$\text{SiO}_2$	38.9	45	Aumentó
2	CRISTOBALITA	$\text{SiO}_2$	NC	0.9	Apareció
3	ALBITA	$(\text{Na}_{0.98}\text{Ca}_{0.02})(\text{Al}_{1.02}\text{Si}_{2.98}\text{O}_8)$	5.6	1.0	Disminuyó
4	MICROCLINA	$\text{K}(\text{Si}_{0.75}\text{Al}_{0.25})_4\text{O}_8$	14.7	NP	Desapareció
5	CAOLINITA	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	9.3	18.6	Aumentó
6	CLINOCRISOTILO	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	7.1	6.1	Disminuyó
7	VERMICULITA	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	NC	NP	-
8	MOSCOVITA	$\text{KAl}_{2.2}(\text{Si}_3\text{Al})_{0.975}\text{O}_{10}((\text{OH})_{1.72}\text{O}_{0.28})$	4.6	9.4	Aumentó
9	ANATASA	$\text{TiO}_2$	NC	1.5	Apareció
10	PROTOENSTATITA	$\text{MgSiO}_3$	NC	2.9	Apareció
11	CLINOPIROXENO	$(\text{Ca}_{0.40}\text{Mg}_{1.60})(\text{Si}_2\text{O}_8)$	NC	NC	-
12	ORTOCLASA	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	NP	2,5	Apareció
13	HIDROTALCITA	$(\text{Mg}_{0.67}\text{Al}_{0.33}(\text{OH})_2)_{0.165}(\text{H}_2\text{O})_{0.45}$	NC	1.8	Apareció
14	ANTIGORITA	$\text{Mg}_{2.823}(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_{3.639}$	NC	NC	-
15	AMORFOS Y OTROS	-	19.8	10.3	Disminuyó



## REACCIÓN DE FORMACIÓN DEL CUARZO



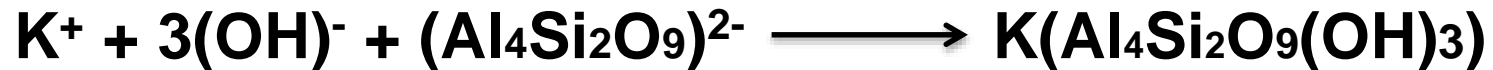
Oxido de silicio

cuarzo

A través de una serie de reacciones del oxido del silicio, obtenemos el **cuarzo** que es un Mineral oxido, muy resistente, estable químicamente y con un índice de dureza de 7 en la escala de Mohs. Presente en una gran cantidad de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Se destaca por su dureza y resistencia a la meteorización en la superficie terrestre.



# REACCIÓN DE FORMACIÓN DE LA MOSCOVITA



La reacción consiste en un reordenamiento del material amorfo; en el que reaccionan el aluminato de silicio, el silicio y el hidróxido para formar moscovita, que es un componente mineral primario en muchas rocas ígneas, resistente y con un índice de Mohs 2.5.





Se obtiene a partir de los amorfos, mejora la durabilidad, remueve el hidróxido de calcio químicamente activo, mejora la porosidad y la adhesión entre el cemento, la arena y la grava.

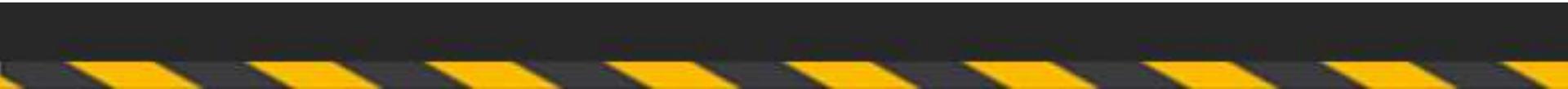




La gibbsita es un mineral que tiene una dureza de 2,5 a 3 en la escala de Mohs.



**SE APLICA A TODO  
TIPO DE SUELOS**





## EJEMPLOS CON SUELOS CON BAJA PLASTICIDAD

Módulo resiliente del suelo inicial (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo resiliente después de la estabilización química de suelos (kg/cm <sup>2</sup> )
---	--

OBRA No. 2	
1254	5760
2474	6377
1661	4868

\*Nota: Módulo resiliente de una base granular ~ 2.500 – 3.000 kg/cm<sup>2</sup>.

## EJEMPLOS CON SUELOS PLÁSTICOS

Módulo resiliente del suelo inicial (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo resiliente después de la estabilización química de suelos (kg/cm <sup>2</sup> )
OBRA No. 3	
331	3570
169	4900
361	4150

\*Nota: Módulo resiliente de una base granular ~ 2.500 – 3.000 kg/cm<sup>2</sup>.

1. Fácil aplicación y usa equipos convencionales en la construcción.
2. La capa estabilizada se puede escarificar y compactar nuevamente, facilitando actividades de mantenimiento.
3. Impacto ambiental mínimo.
4. **Reduce costos** de mejoramiento **hasta la mitad** con relación a tecnologías tradicionales.
5. Es una estabilización de larga vida.

6. Reduce las deflexiones Benkelman entre el 30 y 60% del valor inicial.
7. Aumenta el CBR entre 10 a 50 veces el inicial.
8. Aumenta el módulo de la subrasante hasta 5 o más veces respecto al valor inicial.
9. Da mayor capacidad de soporte a la estructura para soportar el nivel de tráfico.

1. Manejo adecuado de aguas y taludes.
2. Compactar de acuerdo con las recomendaciones de los estudios.
3. Seguir recomendaciones del estudio en la aplicación de los aditivos.
4. Estimar adecuadamente el tráfico atraído.
5. Garantizar el funcionamiento adecuado del riego de liga para que se adhiera la carpeta asfáltica.

## ➤ Pavimentos ecológicos

### ➤ Adelantos en investigación (China)

#### ➤ Pavimentos perpetuos

### ➤ Estabilidad en ambientes agresivos



**MUCHAS  
GRACIAS**

