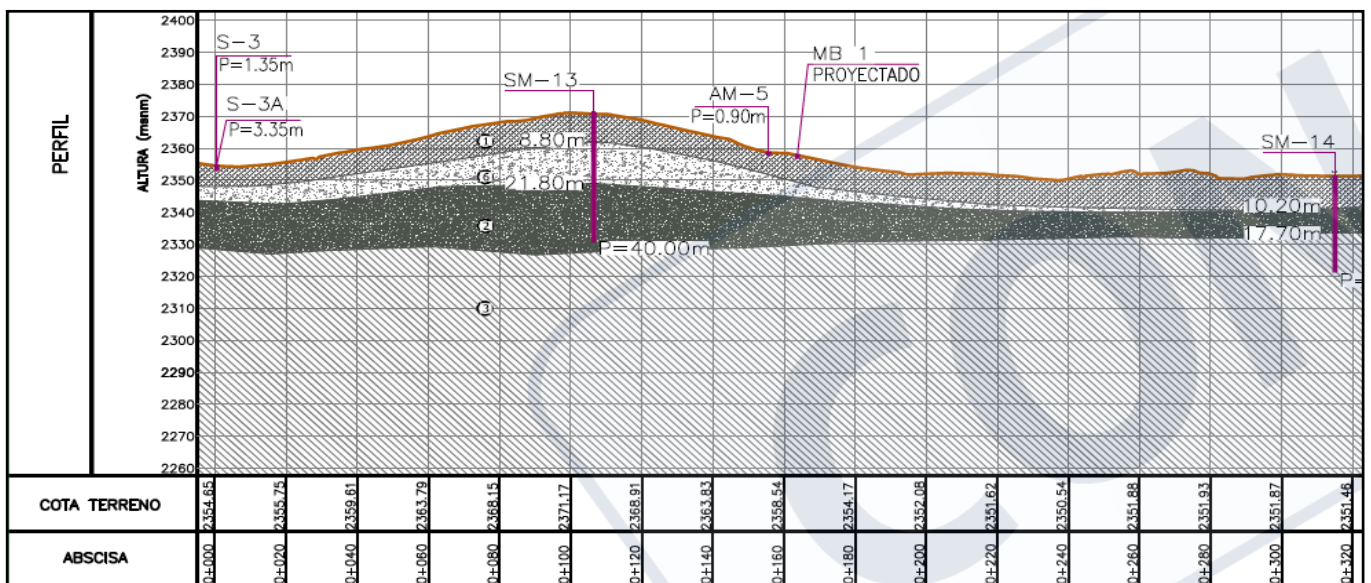
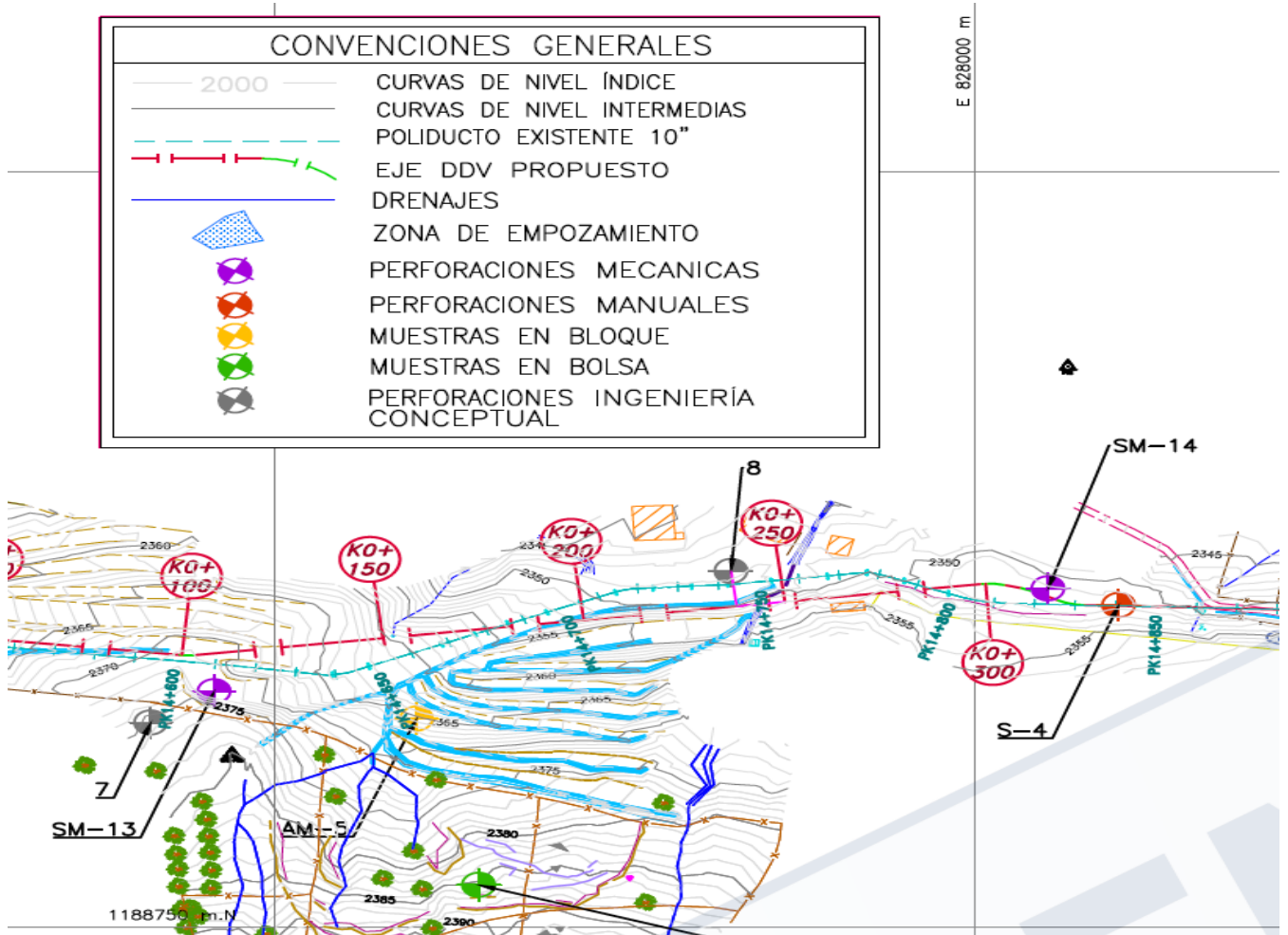
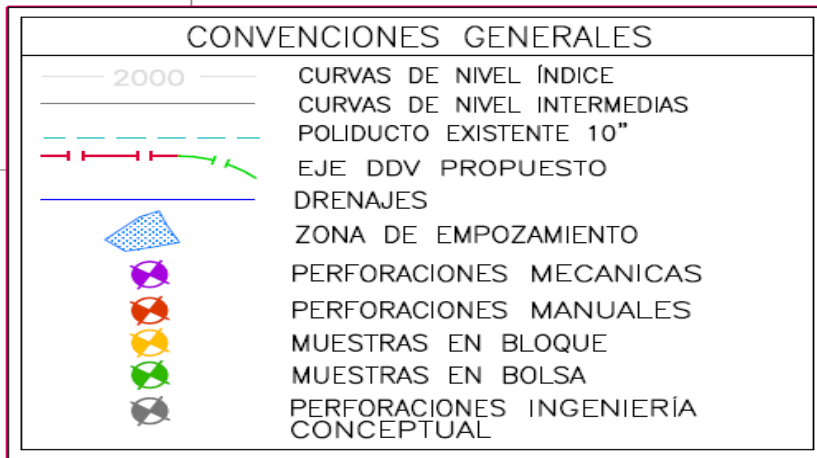


ANEXO 1: DEFINICION DE PARAMETROS GEOLOGICOS GEOTECNICOS



TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

1. Localización de la Exploración



ANEXO 1: DEFINICION DE PARAMETROS GEOLOGICOS GEOTECNICOS

TESIS
SITIO DE ESTUDIO

Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

2. Estratigrafía

Sondeo	Material	Profundidad Suelo		Descripción
SM-13 SM-14	1	0,00m	8,80m	Limo arenoso o arena limosa, de color café a gris verdoso, de plasticidad media a alta con presencia ocasional de clastos.
SM-13	6	8,80m	21,80m	Arena limosa o limo arenoso de plasticidad media a baja, con presencia de clastos.
SM-13 SM-14 SM-15	2	21,80m	40,00m	Saprolito de color gris a café, soportado en matriz, arcillo arenosa, limo arenosa, con presencia de gravas.
SM-13 SM-14	3	40,00m		Roca anfibolita fracturada de color grisáceo.

3. Resultado de Ensayos de Laboratorio

Sondeo	Material	Muestra	Profundidad Suelo		w	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	USCS	Neampo	
SM-13	1	3	1,20m	1,80m	38,0 %	0,0 %	17,2 %	82,8 %	NL	NP	NP			
		5	2,40m	3,00m	32,6 %	2,0 %	32,7 %	65,3 %	NL	NP	NP			
		7	3,60m	4,20m	29,5 %	0,0 %	32,2 %	67,8 %	NL	NP	NP			
		9	4,80m	5,25m	21,3 %	0,0 %	40,6 %	59,4 %	NL	NP	NP		13,0g/p	
		11	5,70m	6,15m	20,4 %	0,0 %	53,2 %	46,8 %	NL	NP	NP		14,0g/p	
		12	6,15m	6,60m										9,0g/p
		13	6,60m	7,05m	26,3 %	0,0 %	42,1 %	57,9 %	NL	NP	NP		10,0g/p	
		14	7,06m	7,50m										9,0g/p
		15	7,50m	7,95m	17,8 %	4,0 %	58,0 %	38,0 %	NL	NP	NP		16,0g/p	
		16	7,95m	8,40m									29,0g/p	
		17	8,40m	8,85m	19,6 %	1,0 %	42,7 %	56,3 %	NL	NP	NP		36,0g/p	
SM-14	1	1	0	2,20m	46,20m	10,0 %	15,8 %	74,2 %	64,0 %	38	26	MH		
		2	2,20m	2,65m										18,0g/p
		3	2,65m	3,10m										8,0g/p
		4	3,10m	3,70m	37,2 %	7,0 %	23,6 %	69,4 %	52	37	15	MH		
		5	3,70m	4,15m										16,0g/p
		6	4,15m	4,60m										19,0g/p
		7	4,60m	4,90m	35,8 %	6,0 %	19,0 %	75,0 %	63	38	25	MH	10,0g/p	
		10	7,10m	8,70m	49,8 %	11,0 %	28,8 %	60,2 %	37	22	15	CL		
SM-13	6	18	8,85m	9,30m									29,0g/p	
		19	9,30m	9,75m	15,1 %	0,0 %	60,4 %	39,6 %	NL	NP	NP		37,0g/p	
		20	9,75m	10,20m										34,0g/p
		21	10,20m	10,65m										36,0g/p
		22	10,65m	11,10m										41,0g/p
		23	11,10m	11,55m	17,5 %	6,0 %	59,9 %	34,1 %	NL	NP	NP		38,0g/p	
		24	11,55m	12,00m										60,0g/p
		25	12,00m	12,45m										63,0g/p
		26	12,45m	12,90m										36,0g/p
		27	12,90m	13,35m										27,0g/p
		28	13,35m	13,80m										53,0g/p
		29	13,80m	14,25m	13,0 %	3,0 %	72,4 %	24,6 %	29	22	7	SM-SC	66,0g/p	
		30	14,25m	14,70m										58,0g/p
31	15,70m	16,00m										85,0g/p		
SM-13	2	33	17,20m	18,50m	29,3 %	0,0 %	54,8 %	45,2 %	39	21	8	SC		
		36	21,00m	22,30m	24,0 %	0,0 %	59,2 %	40,8 %	NL	NP	NP	SM-SC		
			22,30m	40,00m										
SM-14	2	12	11,70m	13,00m	15,7 %	15,0 %	43,6 %	41,4 %	52	25	27	SC		
		13	13,00m	14,70m	27,1 %	0,0 %	58,9 %	41,1 %	NL	NP	NP	SM		
		14	14,70m	16,20m	26,7 %	0,0 %	73,6 %	26,4 %	NL	NP	NP	SM		
SM-15	2	17	11,00m	11,50m									60,0g/p	
		18	11,50m	12,00m	18,6 %	10,0 %	52,4 %	37,6 %	26	21	5	SM	115,0g/p	
		20	13,00m	13,50m	14,5 %	11,0 %	70,3 %	18,7 %	NL	NP	NP	SM	14,0g/p	
		21	13,50m	14,00m										35,0g/p
		22	14,00m	14,50m										29,0g/p
		23	14,50m	15,00m										24,0g/p
		24	15,00m	16,00m										37,0g/p
		25	16,00m	16,50m	23,1 %	1,0 %	39,9 %	59,1 %	31	26	5	ML	32,0g/p	
		26	16,50m	17,00m										46,0g/p
		27	17,00m	17,50m	24,4 %	1,0 %	40,0 %	59,0 %	NL	NP	NP	ML	36,0g/p	
		28	17,50m	18,00m										42,0g/p
		29	18,00m	18,15m	16,0 %	1,0 %	44,2 %	54,8 %	23	17	6	CL-ML		
30	19,00m	19,50m	16,0 %	10,0 %	66,2 %	23,8 %	NL	NP	NP	SM	76,0g/p			



ANEXO 1: DEFINICION DE PARAMETROS GEOLOGICOS GEOTECNICOS

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

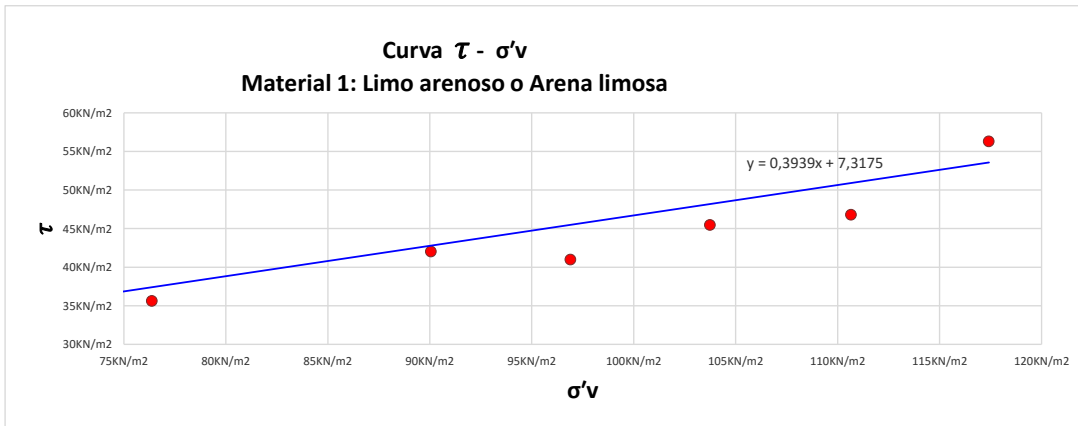
Sondeo	Material	Muestra	Profundidad Suelo		w	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	USCS	Ncampo
SM-13	3		>40										
SM-14	3	18	20,70m	22,00m	22,6 %	0,0 %	82,4 %	17,6 %	NL	NP	NP	SM	

4. Obtención de Parámetros Geotécnicos: Cohesión y Angulo de Fricción

4.1. Material 1: Límoo arenoso o arena limosa, de color café a gris verdoso, de plasticidad media a alta con presencia ocasional de clastos.

Material 1 : Límoo arenoso o Arena limosa

Sondeo	Muestra	Prof. Media	N.F	τ	σ_v	u	σ'_v	Ncampo	CN	Ncorr USA	Ncorr JAPON	ϕ	τ
SM-13	9	5,03m	N.R	15,2KN/m3	76KN/m2	0,0KN/m2	76KN/m2	13,0g/p	1,15	10,00	8,00	25,00°	36KN/m2
	11	5,93m	N.R	15,2KN/m3	90KN/m2	0,0KN/m2	90KN/m2	14,0g/p	1,05	9,00	8,00	25,00°	42KN/m2
	12	6,38m	N.R	15,2KN/m3	97KN/m2	0,0KN/m2	97KN/m2	9,0g/p	1,01	6,00	5,00	22,91°	41KN/m2
	13	6,83m	N.R	15,2KN/m3	104KN/m2	0,0KN/m2	104KN/m2	10,0g/p	0,98	7,00	6,00	23,66°	45KN/m2
	14	7,28m	N.R	15,2KN/m3	111KN/m2	0,0KN/m2	111KN/m2	9,0g/p	0,95	6,00	5,00	22,91°	47KN/m2
SM-14	2	2,65m	N.R	15,2KN/m3	40KN/m2	0,0KN/m2	40KN/m2	18,0g/p	1,55	16,00	13,00	27,75°	21KN/m2
	3	3,10m	N.R	15,2KN/m3	47KN/m2	0,0KN/m2	47KN/m2	8,0g/p	1,45	7,00	5,00	22,91°	20KN/m2
	5	4,15m	N.R	15,2KN/m3	63KN/m2	0,0KN/m2	63KN/m2	16,0g/p	1,27	13,00	11,00	26,73°	32KN/m2
	6	4,60m	N.R	15,2KN/m3	70KN/m2	0,0KN/m2	70KN/m2	19,0g/p	1,21	15,00	12,00	27,25°	36KN/m2
	7	4,90m	N.R	15,2KN/m3	74KN/m2	0,0KN/m2	74KN/m2	60,0g/p	1,17	45,00	37,00	36,51°	55KN/m2



ϕ'	c
21,50 °	7,82KN/m2

Ensayo de Corte Directo: Sondeo AM-5

RESUMEN DE RESULTADOS ENSAYO DE CORTE DIRECTO CD

ENVOLVENTE DE FALLA

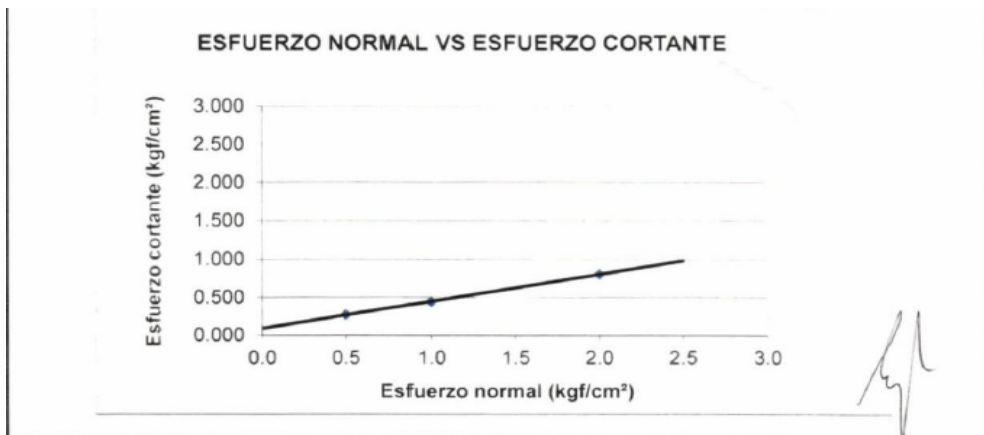
Fecha: 13/06/2012
 Proyecto: POLIDUCTO MEDELLÍN-CARTAGO (BLOQUE SECTOR FINCA TRAMO 2 K0+200)
 Cliente: CIVIL AND TECH S.A.S
 Sondeo: AM-5 Muestra: 1 Profundidad:
 Descripción de la muestra: Suelo amarillento con zonas naranjas y gravas.

DEFORMACION UNITARIA HORIZONTAL VS ESFUERZO CORTANTE

RESUMEN DE RESULTADOS ENSAYO DE CORTE DIRECTO CD

CARGA No	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Esfuerzo de corte (kg/cm²)	0.277	0.445	0.810
Esfuerzo normal (kg/cm²)	0.5	1.0	2.0
Cohesión (Kgf-cm²):	0.09		
Angulo de fricción (°):	19°		

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675



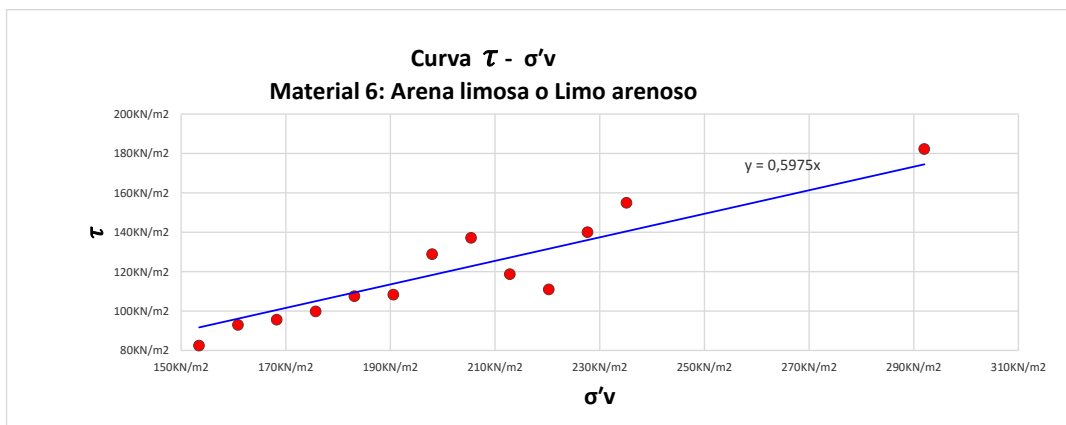
ϕ'	c
19,00 °	9KN/m2

Sondeo	n	Material	ϕ'	c
SM-13 SM-14	1	2	21,50 °	7KN/m2
AM-5	2	2	19,00 °	9KN/m2
Suma			40,50 °	16,32 °
Media			20,25 °	8,16KN/m2

4.2. Material 6 : Arena limosa o limo arenoso de plasticidad media a baja, con presencia de clastos.

Material 6: Arena limosa o Limo arenoso

Sondeo	Muestra	Prof.	N.F	τ	σ_v	u	σ'_v	Ncampo	CN	Ncorr USA	Ncorr JAPON	ϕ	τ
SM-13	18	9,30m	N.R	16,5KN/m3	153KN/m2	0,0KN/m2	153KN/m2	29,0g/p	0,82	17,00	14,00	28,23°	82KN/m2
	19	9,75m	N.R	16,5KN/m3	161KN/m2	0,0KN/m2	161KN/m2	37,0g/p	0,80	21,00	18,00	30,00°	93KN/m2
	20	10,20m	N.R	16,5KN/m3	168KN/m2	0,0KN/m2	168KN/m2	34,0g/p	0,78	20,00	17,00	29,58°	96KN/m2
	21	10,65m	N.R	16,5KN/m3	176KN/m2	0,0KN/m2	176KN/m2	36,0g/p	0,77	21,00	17,00	29,58°	100KN/m2
	22	11,10m	N.R	16,5KN/m3	183KN/m2	0,0KN/m2	183KN/m2	41,0g/p	0,75	23,00	19,00	30,41°	107KN/m2
	23	11,55m	N.R	16,5KN/m3	191KN/m2	0,0KN/m2	191KN/m2	38,0g/p	0,73	21,00	17,00	29,58°	108KN/m2
	24	12,00m	N.R	16,5KN/m3	198KN/m2	0,0KN/m2	198KN/m2	58,0g/p	0,72	31,00	26,00	33,03°	129KN/m2
	25	12,45m	N.R	16,5KN/m3	205KN/m2	0,0KN/m2	205KN/m2	63,0g/p	0,70	33,00	28,00	33,71°	137KN/m2
	26	12,90m	N.R	16,5KN/m3	213KN/m2	0,0KN/m2	213KN/m2	38,0g/p	0,69	20,00	16,00	29,14°	119KN/m2
	27	13,35m	N.R	16,5KN/m3	220KN/m2	0,0KN/m2	220KN/m2	27,0g/p	0,68	14,00	11,00	26,73°	111KN/m2
	28	13,80m	N.R	16,5KN/m3	228KN/m2	0,0KN/m2	228KN/m2	53,0g/p	0,66	26,00	22,00	31,58°	140KN/m2
29	14,25m	N.R	16,5KN/m3	235KN/m2	0,0KN/m2	235KN/m2	66,0g/p	0,65	32,00	27,00	33,37°	155KN/m2	
30	17,70m	N.R	16,5KN/m3	292KN/m2	0,0KN/m2	292KN/m2	64,0g/p	0,56	27,00	23,00	31,96°	182KN/m2	



ϕ'	c
30,88 °	0,00KN/m2

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

4.3. Material 2 : Conglomerado de color gris a café, soportado en matriz, arcillo arenosa, limo arenosa, con presencia de gravas.

Sondeo	Profundidad Suelo	Descripción	γ_t	ϕ'	c
SM-13	21,80m 40,00m	Saprolito de color gris a café, soportado en matriz, arcillo arenosa, limo arenosa, con presencia de gravas.	22,0KN/m3	35,00 °	40KN/m2

Hoek-Brown Classification
intact uniaxial compressive strength = 35 MPa
GSI = 15 mi = 21 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion
mb = 0.048 s = 7.04e-7 a = 0.561

Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 0.045 MPa friction angle = 19.52 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.001 MPa
uniaxial compressive strength = 0.012 MPa
global strength = 0.646 MPa
modulus of deformation = 394.46 MPa

Hoek-Brown Classification

sigci 35 MPa

GSI 15

mi 21

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.048

s 7.04e-7

a 0.561

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.4887 MPa

Unit Weight 0.022 MN/m3

Slope Height 31 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.045 MPa

phi 19.52 deg

Rock Mass Parameters

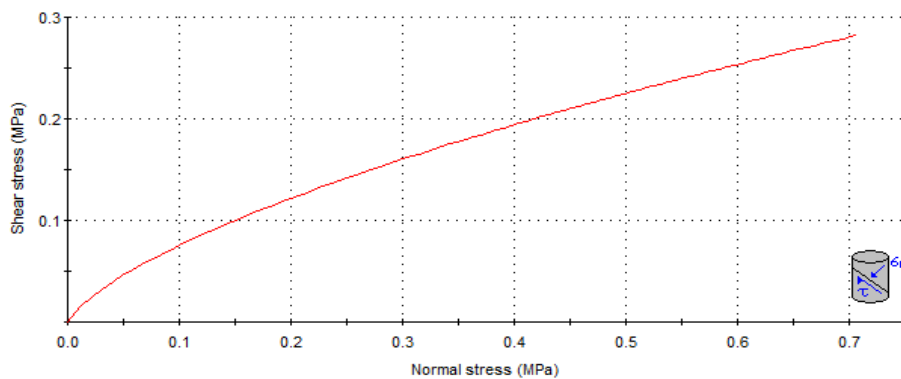
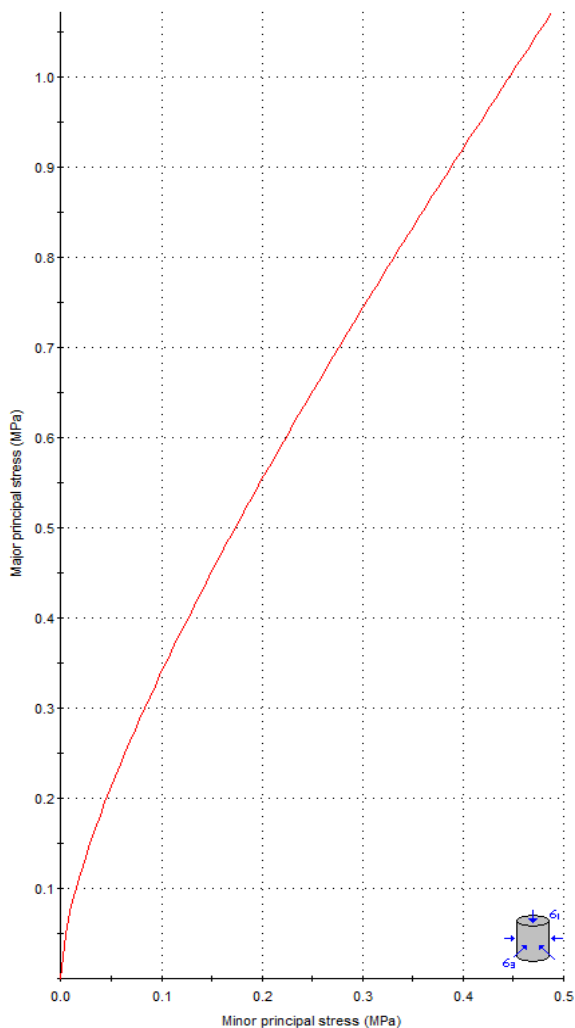
sigt -0.0005 MPa

sigc 0.012 MPa

sigcm 0.646 MPa

Em 394.46 MPa

Copy Data



Material	ϕ'	c
2	19,52 °	45KN/m2



ANEXO 1: DEFINICION DE PARAMETROS GEOLOGICOS GEOTECNICOS

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

Sondeo	Profundidad Suelo		Descripción	γ_t	ϕ'	c
SM-14	10,20m	17,70m	Saprolito de color gris a café, soportado en matriz, arcillo arenosa, limo arenosa, con presencia de gravas.	21,0KN/m3	34,00 °	40KN/m2

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 35 MPa
 GSI = 15 mi = 21 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.048 s = 7.04e-7 a = 0.561

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.028 MPa friction angle = 24.08 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.001 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.012 MPa
 global strength = 0.646 MPa
 modulus of deformation = 394.46 MPa

Hoek-Brown Classification

sigci 35 MPa

GSI 15

mi 21

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.048

s 7.04e-7

a 0.561

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^2$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.2371 MPa

Unit Weight 0.022 MN/m3

Slope Height 14 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.028 MPa

phi 24.08 deg

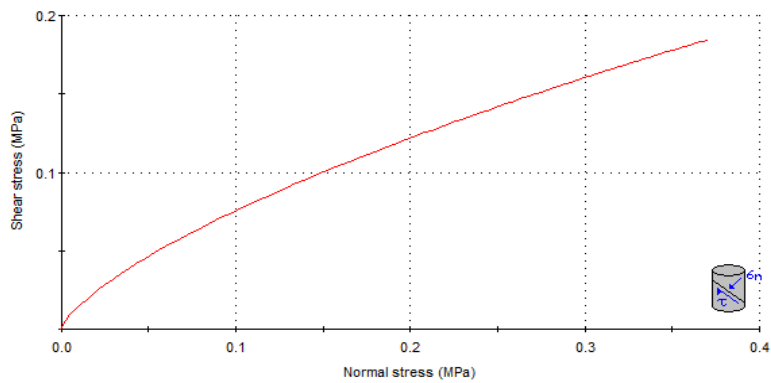
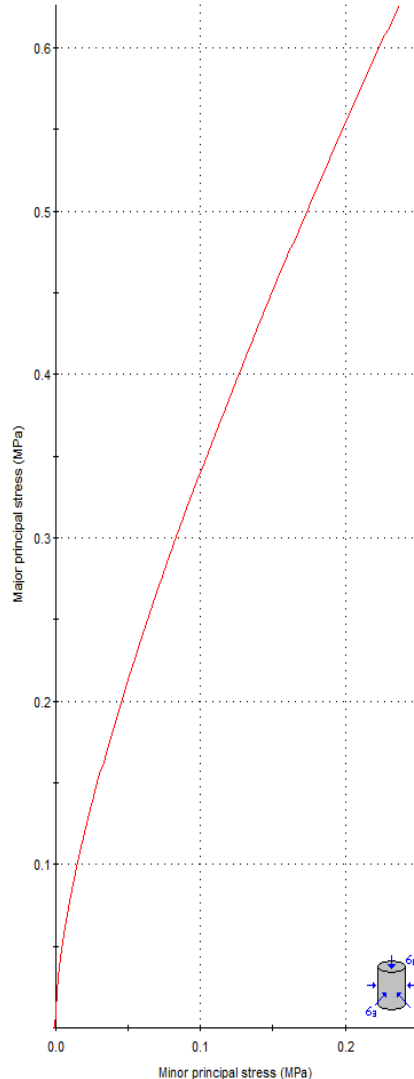
Rock Mass Parameters

sigt -0.0005 MPa

sigc 0.012 MPa

sigcm 0.646 MPa

Em 394.46 MPa



Material	ϕ'	c
2	24,08 °	28KN/m2

Sondeo	n	Material	ϕ'	c
SM-13	1	2	35,00 °	40KN/m2
	2		19,52 °	45KN/m2
SM-14	3	2	34,00 °	40KN/m2
	4		24,08 °	28KN/m2
Suma			112,60 °	153,00 °
Media			28,15 °	38KN/m2

Copy Data

ANEXO 1: DEFINICION DE PARAMETROS GEOLOGICOS GEOTECNICOS



TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

4.4. Material 3 : Roca anfibolita fracturada de color grisáceo.

Sondeo	Profundidad Suelo	Descripción	γ_t	ϕ'	c
SM-13	>40 m	Roca anfibolita fracturada de color grisáceo.	25,0KN/m3	40,00 °	100KN/m2

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 80 MPa
 GSI = 25 mi = 20 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

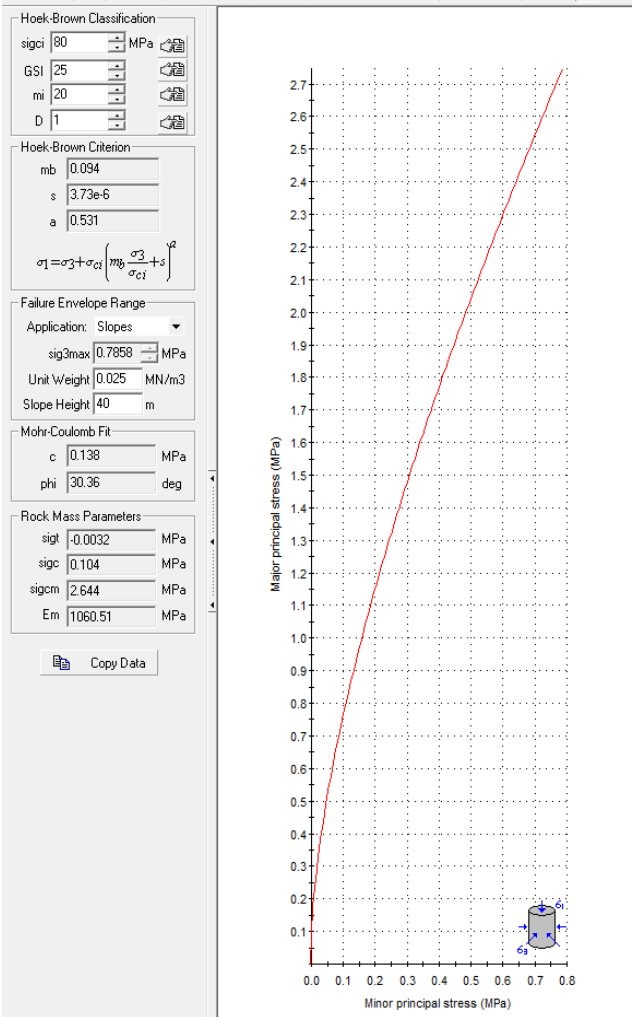
mb = 0.094 s = 3.73e-6 a = 0.531

Mohr-Coulomb Fit

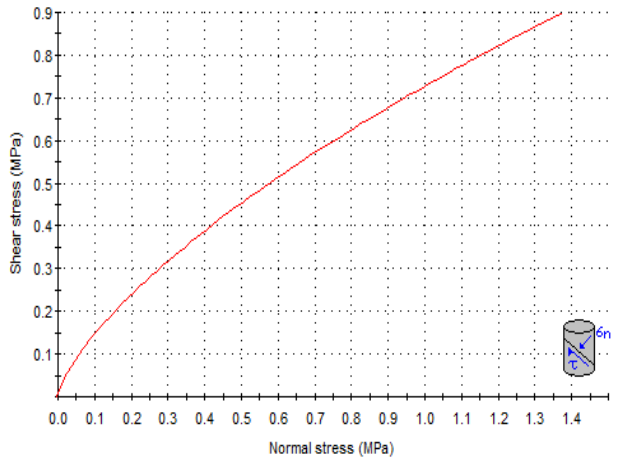
cohesion = 0.138 MPa friction angle = 30.36 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.003 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.104 MPa
 global strength = 2.644 MPa
 modulus of deformation = 1060.51 MPa



Material	ϕ'	c
3	30,36 °	138KN/m2



TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

Sondeo	Profundidad Suelo		Descripción	γ_t	ϕ'	c
SM-14	0,00m	30,00m	Roca anfibolita fracturada de color grisáceo.	25,0KN/m3	40,00 °	100KN/m2

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 80 MPa
GSI = 25 mi = 20 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.094 s = 3.73e-6 a = 0.531

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.116 MPa friction angle = 32.41 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.003 MPa
uniaxial compressive strength = 0.104 MPa
global strength = 2.644 MPa
modulus of deformation = 1060.51 MPa

Hoek-Brown Classification

sigci 80 MPa
GSI 25
mi 20
D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 0.094
s 3.73e-6
a 0.531

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(mb \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes
sig3max 0.6048 MPa
Unit Weight 0.025 MN/m3
Slope Height 30 m

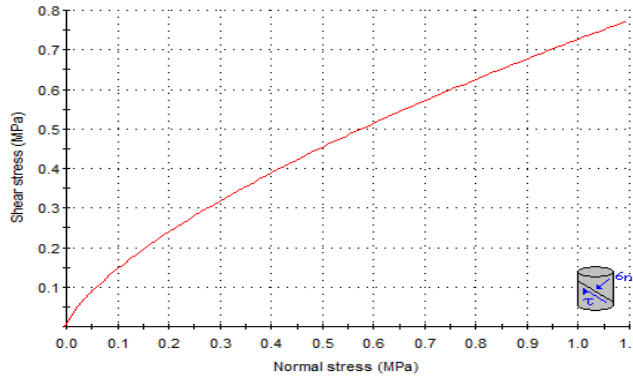
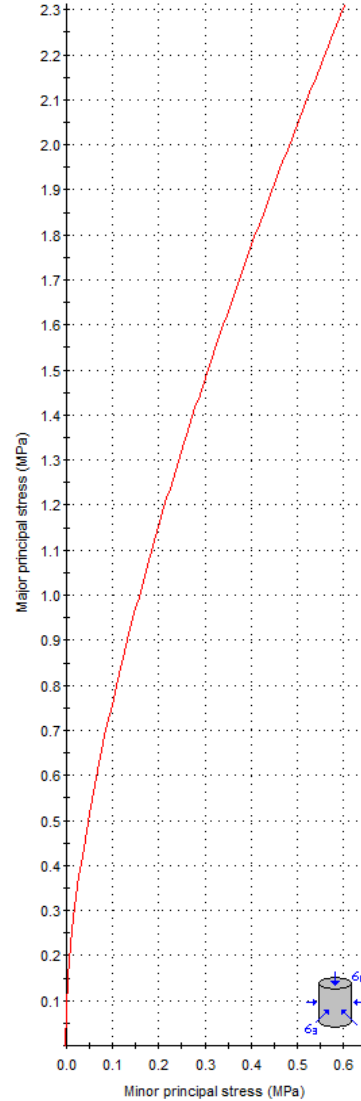
Mohr-Coulomb Fit

c 0.116 MPa
phi 32.41 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.0032 MPa
sigc 0.104 MPa
sigcm 2.644 MPa
Em 1060.51 MPa

Copy Data



Material	ϕ'	c
3	32,41 °	116KN/m2

Sondeo	n	Material	ϕ'	c
SM-13	1	3	40,00 °	100KN/m2
	2		30,36 °	138KN/m2
SM-14	3	3	40,00 °	100KN/m2
	4		32,41 °	116KN/m2
Suma			142,77 °	454,00 °
Media			35,69 °	114KN/m2



ANEXO 1: DEFINICION DE PARAMETROS GEOLOGICOS GEOTECNICOS

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

5. Modelo Geológico - Geotécnico

Material	Profundidad Suelo		Descripción	γ_t	ϕ'	c
1	0,00m	8,80m	Limo arenoso o arena limosa, de color café a gris verdoso, de plasticidad media a alta con presencia ocasional de clastos.	15,2KN/m3	20,25 °	8KN/m2
6	8,80m	21,80m	Arena limosa o limo arenoso de plasticidad media a baja, con presencia de clastos.	16,5KN/m3	30,88 °	0KN/m2
2	21,80m	40,00m	Saprolito de color gris a café, soportado en matriz, arcillo arenosa, limo arenosa, con presencia de gravas.	21,0KN/m3	28,15 °	38KN/m2
3	40,00m		Roca anfibolita fracturada de color grisáceo.	25,0KN/m3	35,69 °	114KN/m2

6. Calculo de Parámetros Probabilísticos

6.1. Material 1: Limo arenoso o arena limosa, de color café a gris verdoso, de plasticidad media a alta con presencia ocasional de clastos.

$$Var(\tan\theta) = \frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\hat{\sigma}_u^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2$$

$$Var(c) = \sigma^2 * \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n	Sondeo	Material	Muestra	τ	σ'_v	ϕ'	c	$\tau_{ajust.}$	$(\sigma'_v)^2$	$u = \tau_{ajust.} - \tau$	u^2	$(x - \bar{x})^2$
1	SM-13	1	9	0,36Kg/cm2	0,78Kg/cm2	20,25 °	0,08Kg/cm2	0,37Kg/cm2	0,61Kg/cm2	0,01Kg/cm2	0,000Kg/cm2	0,00Kg/cm2
2			11	0,43Kg/cm2	0,92Kg/cm2			0,42Kg/cm2	0,84Kg/cm2	-0,01Kg/cm2	0,000Kg/cm2	0,01Kg/cm2
3			12	0,42Kg/cm2	0,99Kg/cm2			0,45Kg/cm2	0,98Kg/cm2	0,03Kg/cm2	0,001Kg/cm2	0,03Kg/cm2
4			13	0,46Kg/cm2	1,06Kg/cm2			0,47Kg/cm2	1,12Kg/cm2	0,01Kg/cm2	0,000Kg/cm2	0,05Kg/cm2
5			14	0,48Kg/cm2	1,13Kg/cm2			0,50Kg/cm2	1,27Kg/cm2	0,02Kg/cm2	0,001Kg/cm2	0,09Kg/cm2
6			15	0,57Kg/cm2	1,20Kg/cm2			0,52Kg/cm2	1,43Kg/cm2	-0,05Kg/cm2	0,002Kg/cm2	0,14Kg/cm2
7	SM-14		2	0,22Kg/cm2	0,41Kg/cm2			0,23Kg/cm2	0,17Kg/cm2	0,02Kg/cm2	0,000Kg/cm2	0,17Kg/cm2
8			3	0,20Kg/cm2	0,48Kg/cm2			0,26Kg/cm2	0,23Kg/cm2	0,06Kg/cm2	0,003Kg/cm2	0,12Kg/cm2
9			5	0,32Kg/cm2	0,64Kg/cm2			0,32Kg/cm2	0,41Kg/cm2	0,00Kg/cm2	0,000Kg/cm2	0,03Kg/cm2
10			6	0,37Kg/cm2	0,71Kg/cm2			0,35Kg/cm2	0,51Kg/cm2	-0,02Kg/cm2	0,000Kg/cm2	0,01Kg/cm2
11			7	0,56Kg/cm2	0,76Kg/cm2			0,36Kg/cm2	0,58Kg/cm2	-0,20Kg/cm2	0,039Kg/cm2	0,00Kg/cm2
Suma					9,07Kg/cm2				8,15Kg/cm2		0,048Kg/cm2	0,66Kg/cm2
Media					0,82Kg/cm2				0,74Kg/cm2			

	ϕ'	c
Varia.	0,0080	0,0059
Desv-Est	0,0894	0,0769
	0,0891 °	7,5KN/m2

σ_2 = 0,00529

6.2. Material 6 : Arena limosa o limo arenoso de plasticidad media a baja, con presencia de clastos.

n	Sondeo	Material	Muestra	τ	σ'_v	ϕ'	c	$\tau_{ajust.}$	$(\sigma'_v)^2$	$u = \tau_{ajust.} - \tau$	u^2	$(x - \bar{x})^2$
1	SM-13	6	18	0,84Kg/cm2	1,56Kg/cm2	30,88 °	0,00Kg/cm2	0,94Kg/cm2	2,45Kg/cm2	0,10Kg/cm2	0,01Kg/cm2	0,24Kg/cm2
2			19	0,95Kg/cm2	1,64Kg/cm2			0,98Kg/cm2	2,69Kg/cm2	0,03Kg/cm2	0,00Kg/cm2	0,17Kg/cm2
3			20	0,97Kg/cm2	1,72Kg/cm2			1,03Kg/cm2	2,94Kg/cm2	0,05Kg/cm2	0,00Kg/cm2	0,12Kg/cm2
4			21	1,02Kg/cm2	1,79Kg/cm2			1,07Kg/cm2	3,21Kg/cm2	0,05Kg/cm2	0,00Kg/cm2	0,07Kg/cm2
5			22	1,10Kg/cm2	1,87Kg/cm2			1,12Kg/cm2	3,49Kg/cm2	0,02Kg/cm2	0,00Kg/cm2	0,04Kg/cm2
6			23	1,10Kg/cm2	1,94Kg/cm2			1,16Kg/cm2	3,77Kg/cm2	0,06Kg/cm2	0,00Kg/cm2	0,01Kg/cm2
7			24	1,31Kg/cm2	2,02Kg/cm2			1,21Kg/cm2	4,07Kg/cm2	-0,11Kg/cm2	0,01Kg/cm2	0,00Kg/cm2
8			25	1,40Kg/cm2	2,09Kg/cm2			1,25Kg/cm2	4,38Kg/cm2	-0,14Kg/cm2	0,02Kg/cm2	0,00Kg/cm2
9			26	1,21Kg/cm2	2,17Kg/cm2			1,30Kg/cm2	4,71Kg/cm2	0,09Kg/cm2	0,01Kg/cm2	0,01Kg/cm2
10			27	1,13Kg/cm2	2,25Kg/cm2			1,34Kg/cm2	5,04Kg/cm2	0,21Kg/cm2	0,04Kg/cm2	0,04Kg/cm2
11			28	1,43Kg/cm2	2,32Kg/cm2			1,39Kg/cm2	5,39Kg/cm2	-0,04Kg/cm2	0,00Kg/cm2	0,07Kg/cm2
12			29	1,58Kg/cm2	2,40Kg/cm2			1,43Kg/cm2	5,74Kg/cm2	-0,15Kg/cm2	0,02Kg/cm2	0,12Kg/cm2
13			30	1,86Kg/cm2	2,98Kg/cm2			1,78Kg/cm2	8,86Kg/cm2	-0,08Kg/cm2	0,01Kg/cm2	0,85Kg/cm2
Suma					26,74Kg/cm2				56,75Kg/cm2		0,13Kg/cm2	1,74Kg/cm2
Media					2,06Kg/cm2							

	ϕ'	c
Varia.	0,0070	0,0304
Desv-Est	0,0835	0,1745
	0,0833 °	17KN/m2

σ_2 = 0,0121

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+6675

6.3. Material 2 : Conglomerado de color gris a café, soportado en matriz, arcillo arenosa, limo arenosa, con presencia de gravas.

Sondeo	n	Material	φ'	c
SM-13	1	2	35,00 °	40,00 °
	2		19,52 °	45,00 °
SM-14	3	2	34,00 °	40,00 °
	4		24,08 °	28,00 °
Suma			112,60 °	153,00 °
Media			28,15 °	38KN/m2

	φ'	c
Varia.	43,0467	39,1875
Desv-Est	6,5610	6,2600
	1,4195 °	6KN/m2

6.4. Material 3 : Roca anfibolita fracturada de color grisáceo.

Sondeo	n	Material	φ'	c
SM-13	1	3	40,00 °	100,00 °
	2		30,36 °	138,00 °
SM-14	3	3	40,00 °	100,00 °
	4		32,41 °	116,00 °
Suma			142,77 °	454,00 °
Media			35,69 °	114KN/m2

	φ'	c
Varia.	19,0799	242,7500
Desv-Est	4,3681	15,5804
	1,3457 °	16KN/m2

7. Parámetros Probabilísticos de los Materiales

	Material	φ'	c
Media	1	20,25 °	8KN/m2
Desv-Est		0,0891 °	7,54KN/m2
Media	6	30,88 °	0KN/m2
Desv-Est		0,0833 °	17,12KN/m2
Media	2	28,15 °	38KN/m2
Desv-Est		1,4195 °	6,26KN/m2
Media	3	35,69 °	114KN/m2
Desv-Est		1,3457 °	15,6KN/m2