



I SIMPOSIO SURAMERICANO DE EXCAVACIONES EN ROCA

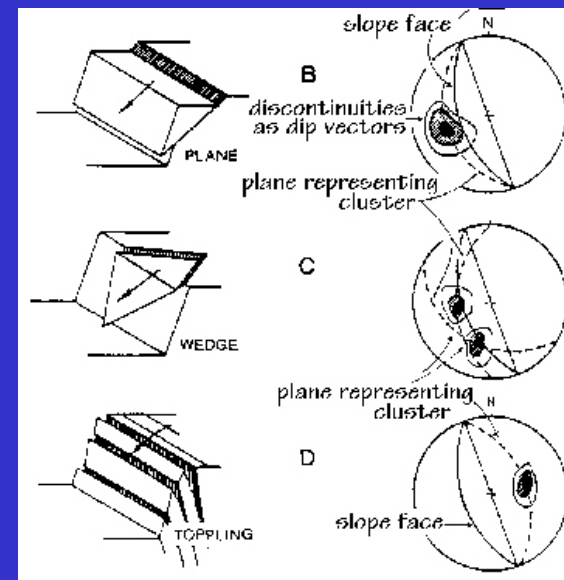
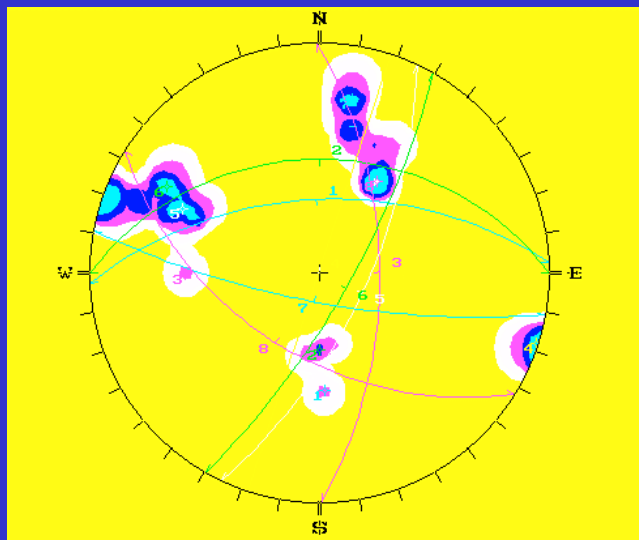
TALUDES EN ROCA: CONTEO DE POLOS O ANALISIS DE CUÑAS TOTALES?

ALVARO J. GONZALEZ G.
I.C. UN, MsC, DIC
Profesor Asociado- U. Nacional

Septiembre 02 - 2008

METODO TRADICIONAL

- Realizar conteo de polos de las discontinuidades de la masa rocosa para identificar direcciones predominantes.
- Con datos de resistencia efectiva de las discontinuidades, llevar a cabo análisis de falla planar, en cuña y por volteo.





DIFICULTADES

- NO NECESARIAMENTE LAS DISCONTINUIDADES EN LAS DIRECCIONES **PREDOMINANTES** SON LAS MAS **DEBILES**
- ENTONCES SE PUEDE PASAR POR ALTO LA SITUACION CRITICA DE FALLA



METODO PROPUESTO

FALLA DE TALUD

- Identificar las discontinuidades que no se deben intersectar (las cuales se pueden denominar “genéticas”), por ejemplo, la estratificación en rocas sedimentarias.
- Con todas las discontinuidades, hacer análisis cinemáticos de falla en cuña para identificar todas las cuñas posibles.
- Con todas las cuñas cinemáticamente posibles para el talud, hacer análisis de estabilidad y obtener factores de seguridad
- Identificar las cuñas con factor de seguridad menor que un valor predeterminado F_s mín
- Para estas cuñas críticas, hallar fuerzas de tensión u otras medidas estabilizadoras.



METODO PROPUESTO

ANALISIS CINEMATICO Y DE FRICCION

- Con todas las discontinuidades hacer análisis cinemáticos de falla en cuña para identificar todas las cuñas posibles para un talud con inclinación vertical (90°) en la dirección especificada
- Con todas las cuñas cinemáticamente posibles para este talud vertical y $c' = 0$, $\phi' = \phi'_{\text{mín}}$, hacer análisis de estabilidad y obtener factores de seguridad.
- Identificar las cuñas con factor de seguridad menor que un valor predeterminado $F_s \text{ mín}$
- En una red estereográfica, encontrar la inclinación del talud que no permita el afloramiento de ninguna cuña crítica.
- Para verificar, hacer nuevos análisis de estabilidad para la dirección especificada y la inclinación obtenida y comprobar que se cumple $F_s > F_s \text{ min.}$



PROGRAMA CUNTOT

PROGRAMA CUNTOT- CARACTERISTICAS

- **Modelo Completo de Hoek-Bray (1977) sin cuña de tracción**
- **Sistema DOS y Fortran- 77 (cuntot.exe- 48 kB)**
- Puede manejar hasta 400 discontinuidades y 30 taludes, lo cual significa teóricamente 79,800 cuñas para cada talud.
- Usa valores comunes para todos los taludes de: peso unitario del agua (que define las unidades); presiones de agua y aceleraciones sísmicas vertical (+ hacia abajo) y horizontal (+ hacia fuera), dirigidas en dirección de la línea de intersección de los planos principales de la cuña.
- Los datos para cada discontinuidad son: azimuth de buzamiento ($^{\circ}$), buzamiento ($^{\circ}$), cohesión efectiva (c'), fricción efectiva (ϕ').
- Para cada talud los datos son: azimuth de buzamiento del talud ($^{\circ}$), buzamiento del talud ($^{\circ}$), azimuth de buzamiento del terreno encima del talud ($^{\circ}$); buzamiento del terreno encima del talud ($^{\circ}$), peso unitario del macizo rocoso, altura del talud, ancho máximo del talud (lo que limita la altura de la cuña), factor de seguridad máximo F_{max} (para listar únicamente cuñas con $F_s < F_{max}$), factor η ($\eta = 1.0$ para talud positivo, $\eta = -1.0$ para talud negativo)
- Para cada talud, también admite datos adicionales de: fuerza externa, azimuth de buzamiento de fuerza externa ($^{\circ}$), buzamiento de fuerza externa ($^{\circ}$).
- También puede calcular tensión estabilizadora y su dirección, para obtener $F_s > F_s$.



PROGRAMA CUNTOT

PROGRAMA CUNTOT- CARACTERISTICAS

- **Modelo Completo de Hoek-Bray (1977) sin cuña de tracción**
- **Sistema DOS y Fortran- 77 (cuntot.exe- 48 kB)**

DATOS DE SALIDA

- **Títulos**
- **Datos de discontinuidades (número, azimuth de buzamiento, buzamiento, c' y ϕ')**
- **Datos de taludes (número; azimuth de buzamiento y buzamiento de talud y de terreno encima del talud),**
- **Peso unitario del macizo rocoso,**
- **Datos de talud (altura y ancho máximo, factor máximo de seguridad F_{smx})**

SI NO SE SOLICITAN TENSORES

- **Datos de cuñas**
- **Número, plano 1, plano 2, azimuth de buzamiento, buzamiento, ángulo central, factor de seguridad, planos de contacto (101 si es en ambos planos)**

SI SE SOLICITAN TENSORES

- **Igual a la anterior pero adicionado de 3 tensiones opcionales y tensión mínima, todas con azimuth de buzamiento de la fuerza de tensión, buzamiento de la fuerza de tensión y planos de contacto luego de aplicar la tensión).**



ISSAER- TALUDES EN ROCA- FALLA EN CUÑA

EJEMPLO

TALUD VIAL EN ARENISCAS Y ARCILLOLITAS

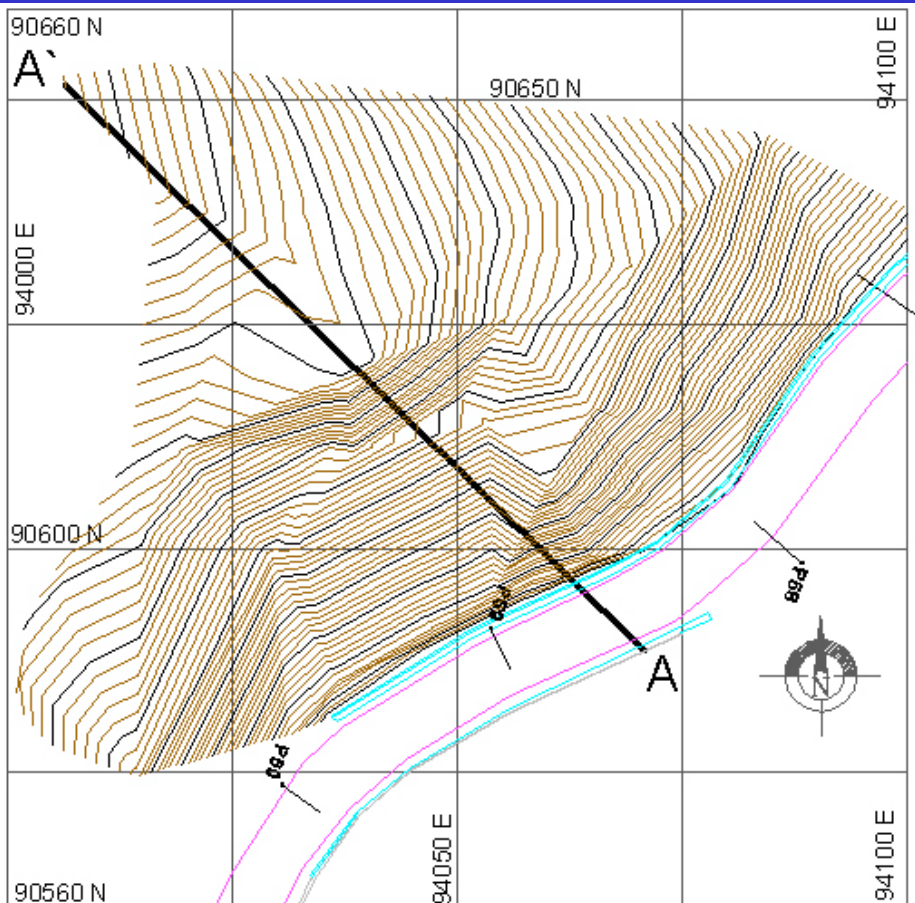


ISSAER- CONTEO DE POLOS O CUÑAS TOTALES-AJGG

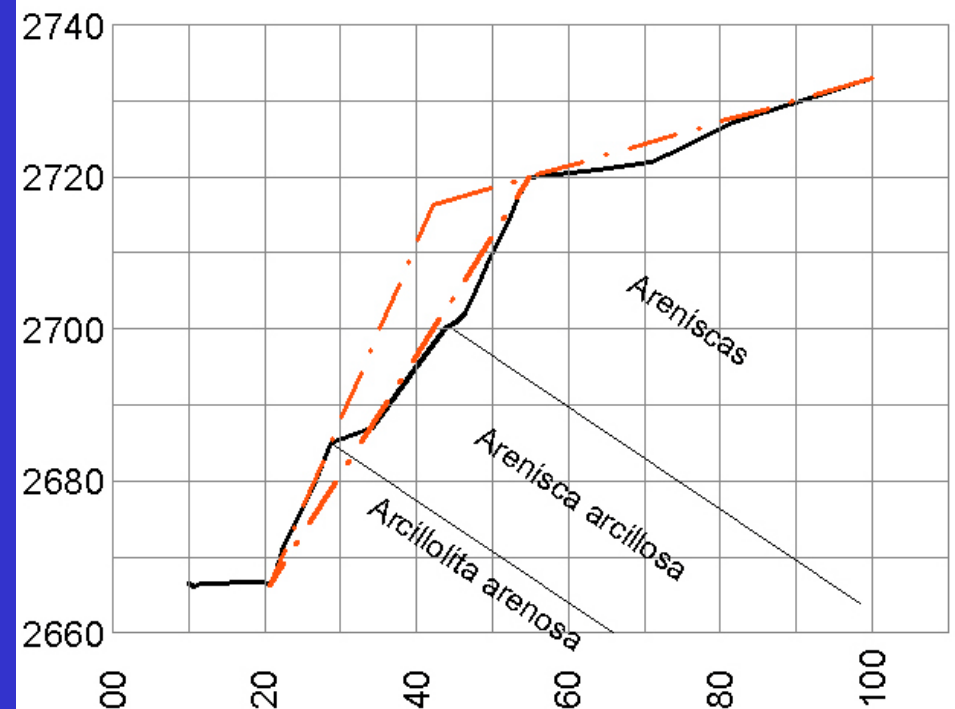


EJEMPLO TALUD VIAL EN ARENISCAS Y ARCILLOLITAS

PLANTA



SECCION AA'



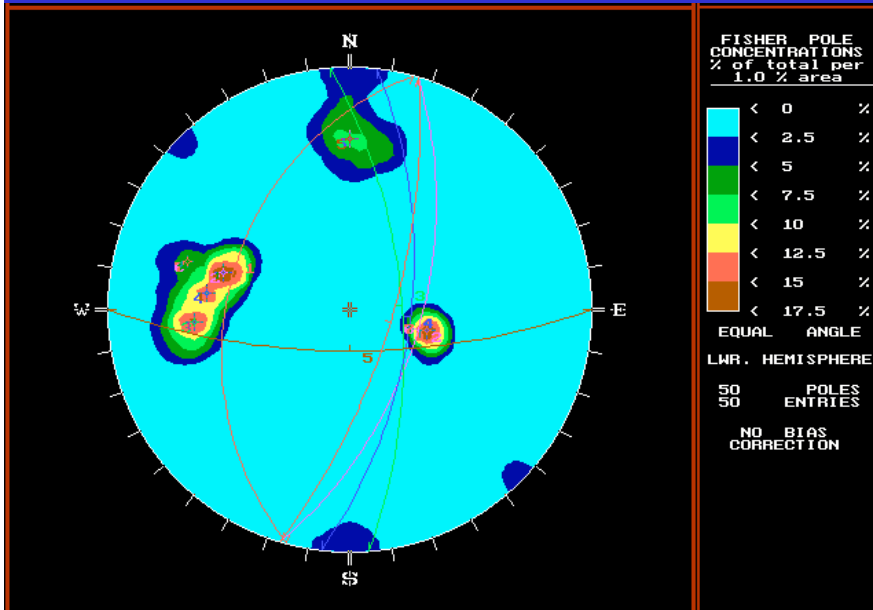
Altura y buzamiento
 $H = 52\text{m}$ $\beta = 57.5^\circ$

Azimut de buzamiento
 $\alpha = 134.38^\circ$



EJEMPLO

TALUD VIAL- CONTEO DE POLOS Y RESISTENCIA 10 datos de estratificación y 40 de diaclasas- 6 familias



	Geólogo		DIPS		Prom.Vector.	
Familia	AzB	Buz	AzB	Buz	AzB	Buz
Estratif.	285	40	285.80	37.05	286.22	37.36
1	180	75	179.66	70.53	182.92	74.43
2	135	90	134.99	89.43	135.00	90.00
3	55	90	55.00	90.00	55.00	90.00
4	85	65	85.33	65.81	85.43	66.10
5	110	55	106.33	56.50	106.48	58.87
6	-0-	-0-	180.00	89.71	184.99	90.00

Declinación magnética= - 5.33°

TALUD VIAL- RESISTENCIA

Peso unitario = 25 kN /m³

RESISTENCIA

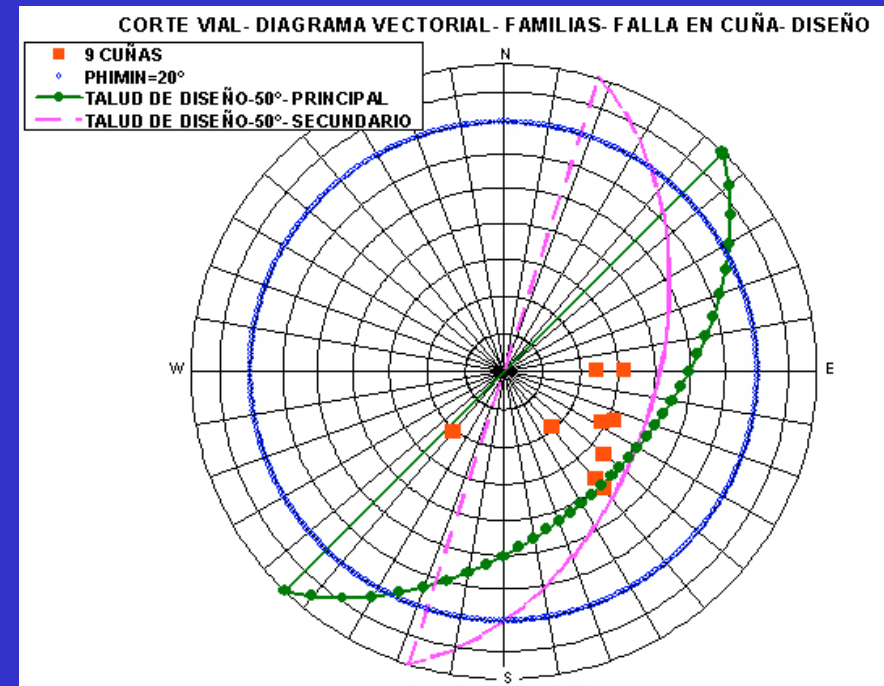
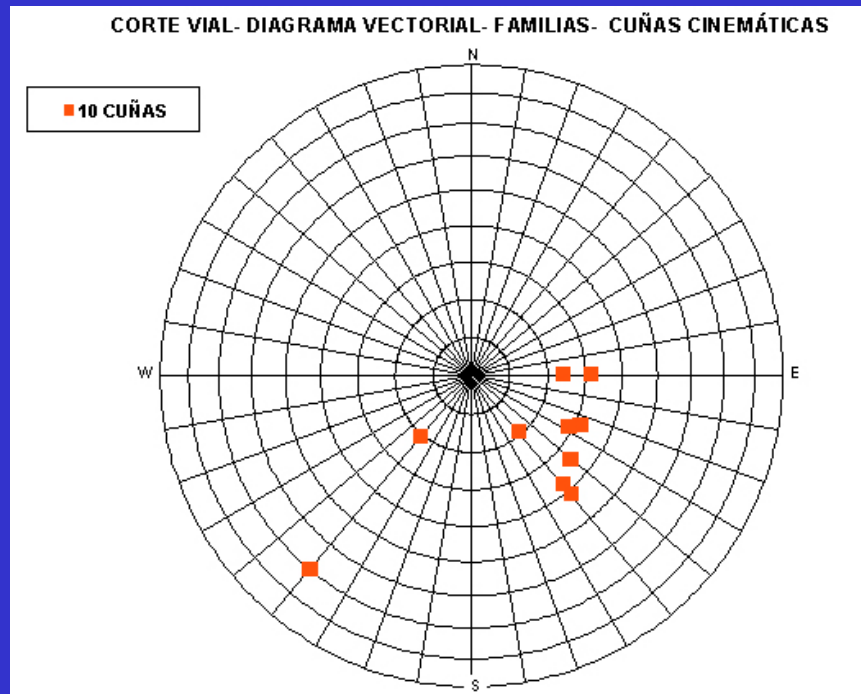
FAMILIA	c' (kPa)	φ' (°)	φ' mín (°)
Estratif.	3.73	28.3	15
1,2,5,6	3.71	20.4	20
3	2.93	31.0	20
4	3.98	32.6	20

EJEMPLO

TALUD VIAL- ANALISIS CON CONTEO DE POLOS

10 cuñas cinemáticamente posibles

9 cuñas con $F_s > 1.0$



- Inclination posible = 50°
- Con 50° no hay $F_s < 1.6$ y F_s mín = 2.724
- SE ADOPTA B= 50° y H = 57.7m

EJEMPLO

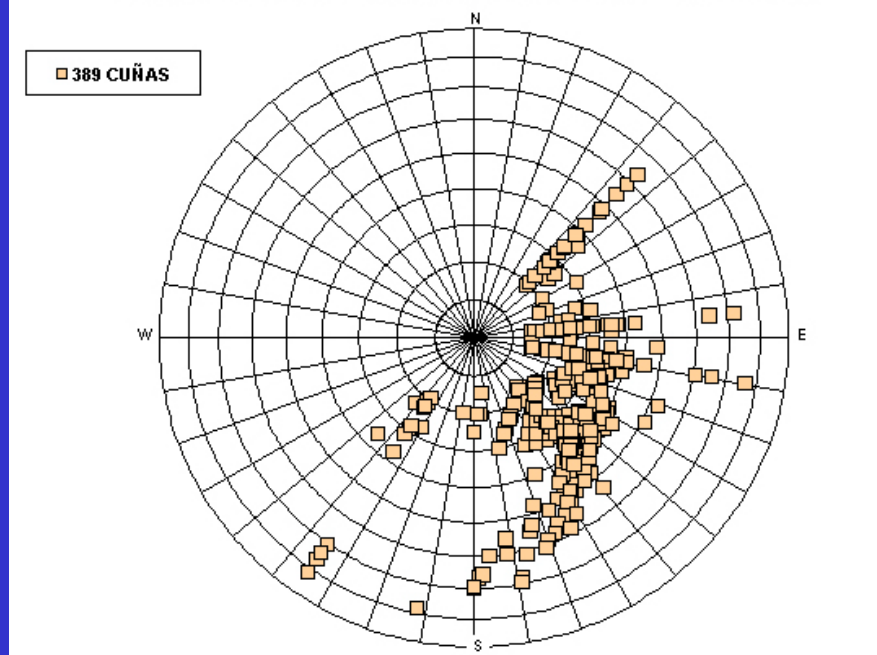
TALUD VIAL- ANALISIS CON CUÑAS TOTALES

5 datos de estratificación y 32 de diaclasas

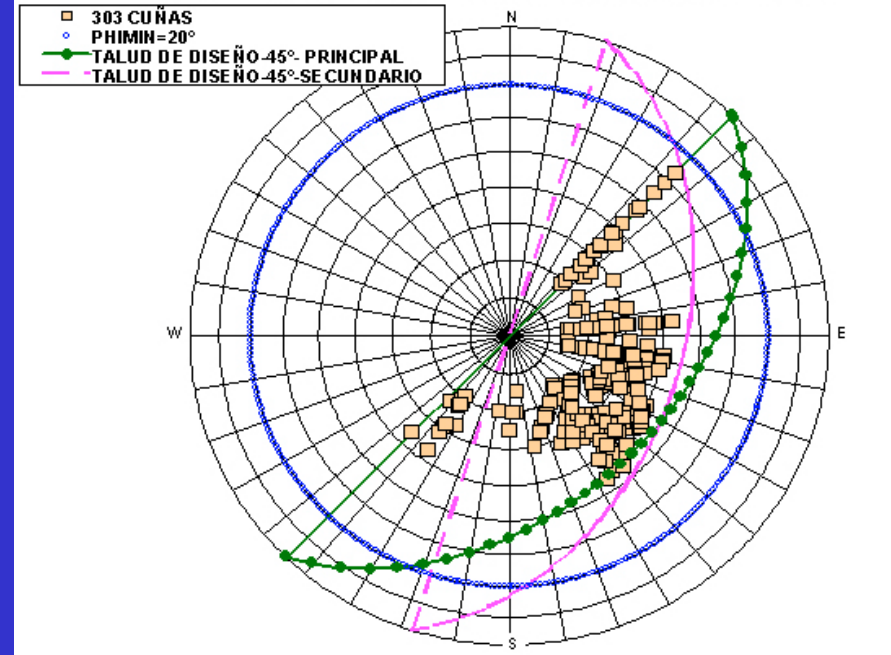
389 cuñas cinemáticamente posibles

303 cuñas con $F_s > 1.0$

CORTE VIAL-DIAGRAMA VECTORIAL- CUÑAS CINEMÁTICAS POSIBLES



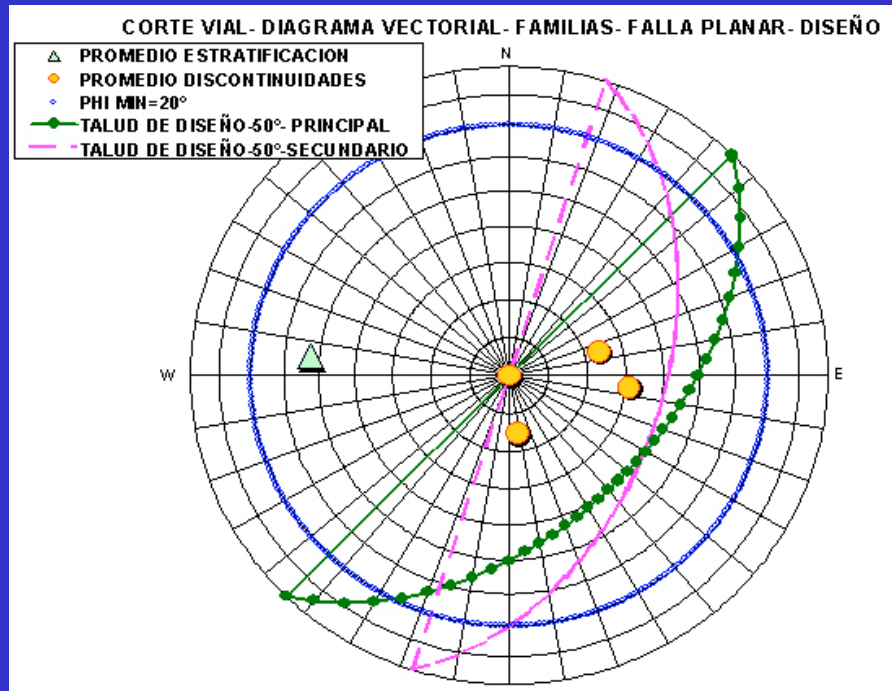
CORTE VIAL- DIAGRAMA VECTORIAL- CUÑAS TOTALES - DISEÑO



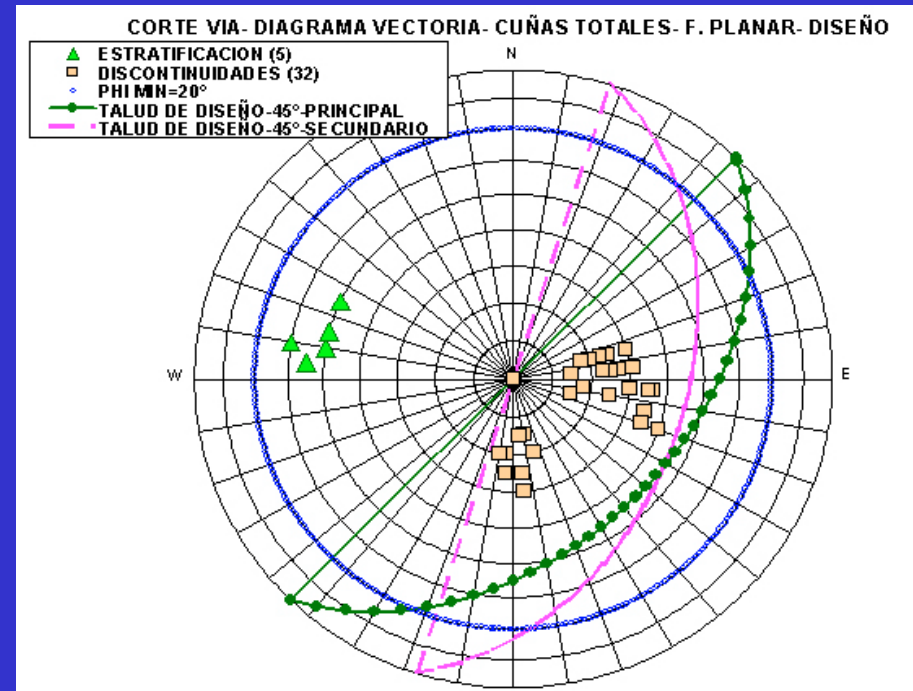
- Inclinacion posible = 45°
- Con 45° no hay $F_s < 1.6$ y F_s mín = 1.986
- SE ADOPTA $B = 45^\circ$ y $H = 61.5\text{m}$

EJEMPLO TALUD VIAL- ANALISIS DE FALLA PLANAR

CONTEO DE POLOS



CUÑAS TOTALES



NO HAY PROBLEMA EN NINGUNO DE
LOS DOS CASOS



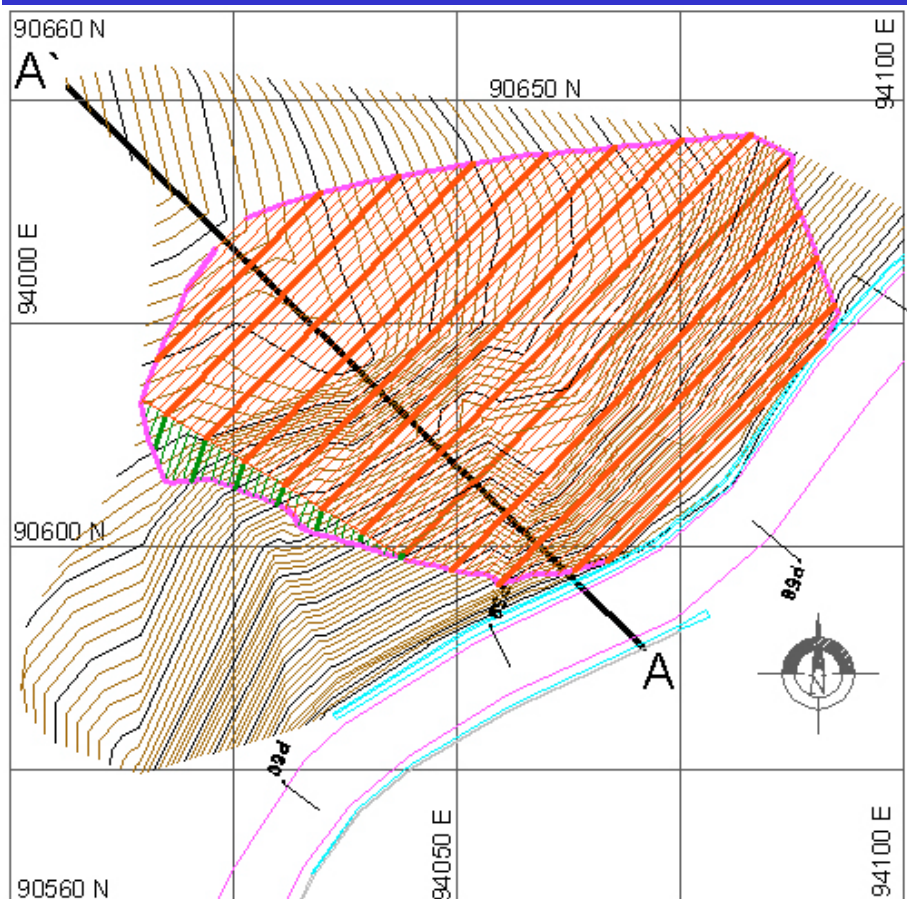
I SIMPOSIO SURAMERICANO DE EXCAVACIONES EN ROCA

EJEMPLO

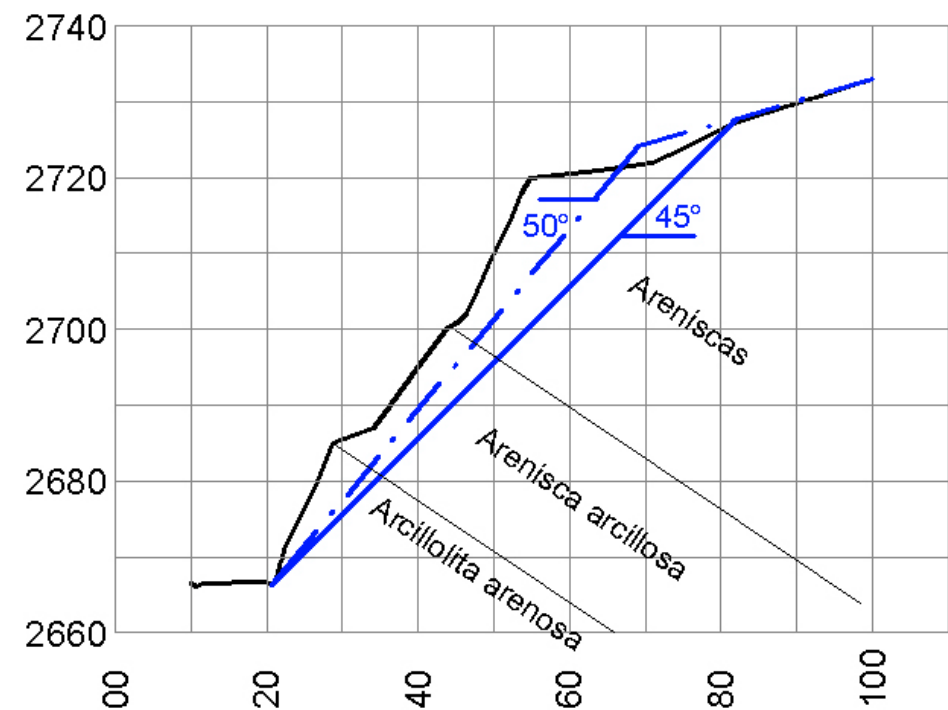
TALUD VIAL- DISEÑO FINAL

Se adoptó el diseño con 45° y $H=61.5\text{m}$

PLANTA



SECCION AA'





EJEMPLO TALUD VIAL - COMPARACION

Volumen aproximado con 45° = 20,000 m³

Volumen aproximado con 50° = 15,000 m³

VALE LA PENA EL VOLUMEN MAYOR DE CORTE ?

ANALISIS CON CUNTOT PARA EL TALUD DE 50° RESULTA EN :

- Hay 87 cuñas cinemáticamente posibles.
- Hay 16 cuñas con $F_s < 1.6$ y 5 de ellas tienen $F_s < 1.0$.
- El factor de seguridad mínimo es $F_{smin}=0.792$

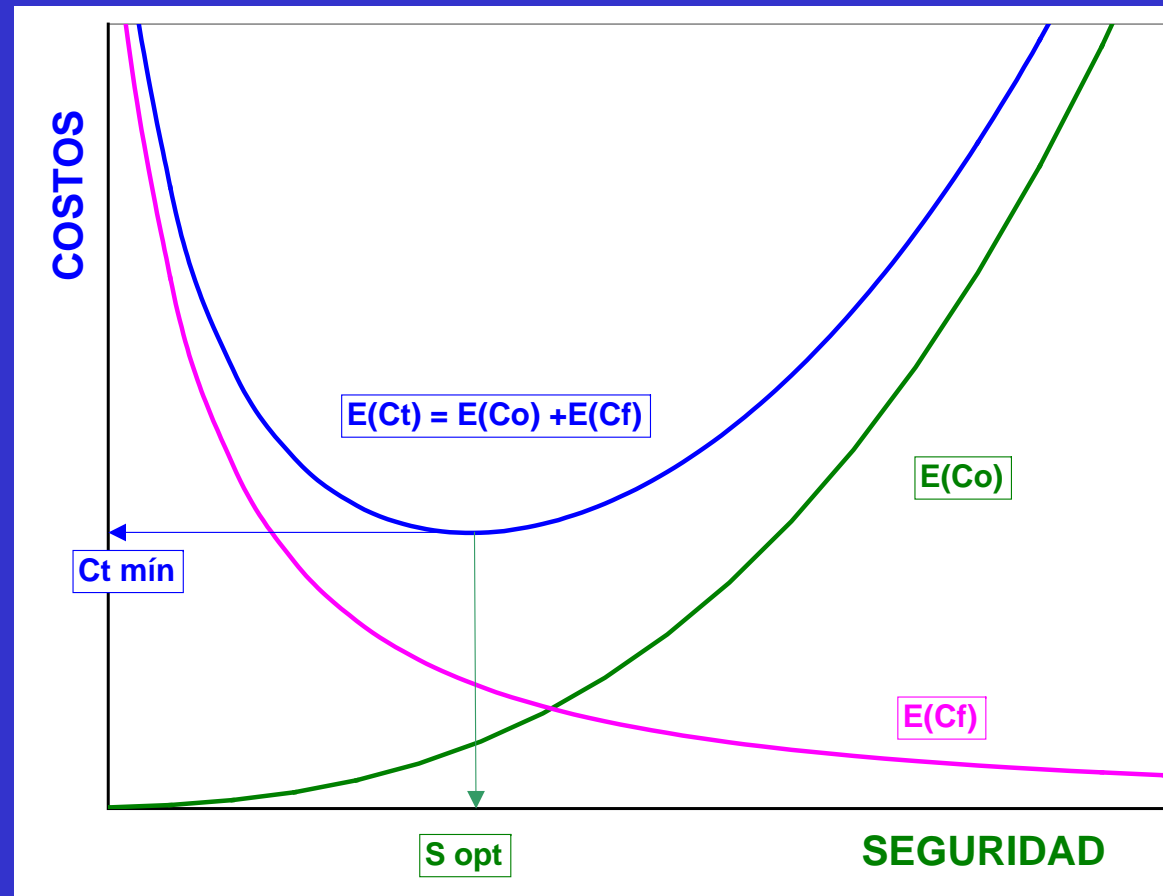
**LA CONCLUSION ES OBVIA:
EL DISEÑO DE 45° ES MAS SEGURO**



EJEMPLO

TALUD VIAL EN ARENISCAS Y ARCILLOLITAS

OPTIMIZACION



$$E(C \text{ total}) = C_o \times P_o + C_f \times P_f$$



CONCLUSION

Con todas las incertidumbres asociadas a los levantamientos y análisis de discontinuidades, el Autor cree que el empleo, en los análisis de estabilidad de taludes en roca, de todos los datos de las discontinuidades levantadas en campo resulta en diseños más confiables y seguros.



MUCHAS GRACIAS !!



MUCHAS GRACIAS !!