

AUXILIAR N° 3
TOPOGRAFIA

Profesor: Iván Bejarano

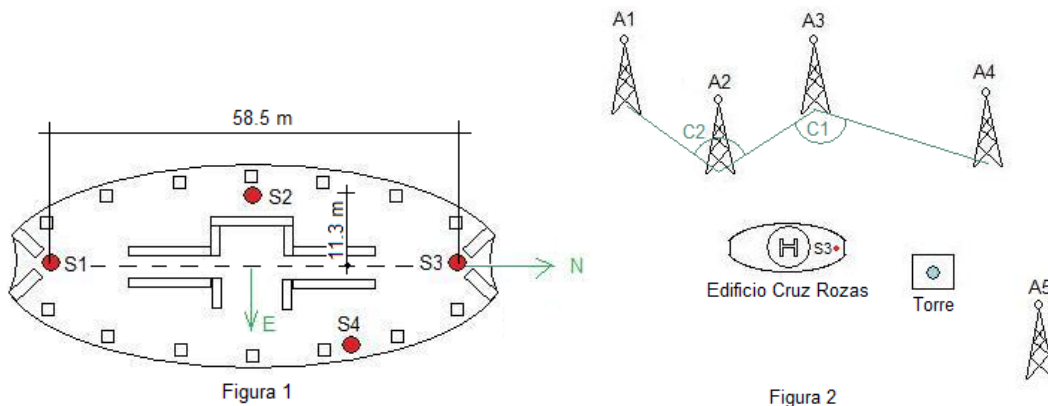
Auxiliares: Cristián Cruz D.
Carlos Rozas R.

22 de Octubre de 2008

Pregunta N°1

En medio del auge de la construcción en altura en nuestro país, la prestigiosa corporación CRUZ ROZAS S.A ha decidido establecer su filial en Chile construyendo un enorme rascacielos de 60 pisos. El edificio contará con un conjunto de sistemas activos de protección sísmica, los que requieren estar conectados a un set de sensores que registren en todo momento los movimientos de la estructura. Para poder calibrar estos sensores se necesita conocer sus coordenadas (E, N) cuando el edificio está en su posición de equilibrio. Luego de revisar muchos currículums, los dueños de la empresa han decidido encargarle a usted, en calidad de experto topográfico, esta tarea.

Como se muestra en la figura 1. El edificio posee 3 sensores (S1, S2 y S3) ubicados en las direcciones principales de la estructura, cada 5 pisos partiendo desde el piso 1. Además, para monitorear las vibraciones de un equipo de alto valor comercial, se instaló un sensor (S4) en el piso 43, con coordenadas por determinar.



Para calcular las coordenadas de los sensores se realizó una reiteración desde una torre próxima al edificio a cuatro antenas de celular cercanas y a S3. Se realizó además una repetición desde S3, calando de A2 a la Torre (ver figura 2). Obteniéndose los registros de las tablas 1 y 2.

Tabla 1: Reiteración desde torre		
Calaje	HD [grad]	HT [grad]
S3	399.985	199.999
A2	7.048	207.053
A3	31.532	231.538
A4	98.647	298.652
A5	184.728	384.73
S3	400.008	200.001

Tabla 2: Repetición desde S3				Observaciones	
Calaje D	HD [grad]	HT [grad]	Calaje T	n :	
A2	399.998	0.014	Torre	α :	153.374
Torre	60.129	339.909	A2	α' :	246.646

De un proyecto anterior, se conocen las distancias horizontales entre A2 – A3 y A3 – A4. Se conocen también los ángulos C1 y C2 de la figura 2, el azimut A4 – A3 y las coordenadas de A4 (ver tabla 3). Se observa además que **A1, A2 y el punto de medición en la torre se encuentran alineados**. Se realizó además un registro de taquimetría entre S3 y el punto de medición de la torre (ver tabla 4).

Tabla 3: Datos de proyecto anterior		
Az A4-A3	214.233	[grad]
C1	112.842	[grad]
C2	108.013	[grad]
Dh A2-A3	1043.21	[m]
Dh A3-A4	2391.46	[m]
Coordenadas A4		
E	26876.34	[m]
N	10872.58	[m]

Tabla 4: Datos Taquimetría S3 - Torre		
Medida	Directa	Tránsito
ES [m]	3.973	3.952
EI [m]	0.113	0.091
Z [grad]	99.745	299.673

- a) Con los datos anteriores, se pide encontrar las coordenadas (E, N) de los sensores S1, S2 y S3.
- b) De acuerdo a la norma NCh 433 Of. 96 “Diseño sísmico de edificios”, el desplazamiento máximo Δ permitido entre dos pisos consecutivos es $\Delta \leq 2\% h$. Donde h es la altura entre pisos.

Según los cálculos de la oficina de ingeniería las coordenadas relativas de S4 con respecto al sensor S1 **del piso 60**, en caso de que en todos los pisos se tenga la deformación máxima legal, son $\Delta E = 9.85$ m y $\Delta N = 42.59$ m (Considere que la deformación es **sólo en la dirección norte**).

Si la altura entre pisos es de 4 metros, calcule las coordenadas absolutas de S4.

Nota: $2\% = 0.002$

Pregunta N°2

Para la conducción de agua hasta una central hidroeléctrica, se ha considerado la construcción de una tubería de acero. Sin embargo, dado el costo de esta alternativa, se le ha pedido a usted que estime la construcción de un canal excavado con el mismo presupuesto de la tubería y analice su factibilidad. Para esto, se midieron dos perfiles en terreno, separados una distancia horizontal $D_h=30$ m. Además se cuenta con la siguiente información:

Tubería:

- Ancho de la plataforma para la tubería: $b_T=2,5$ m.
- Taludes tubería: Corte: 1:3 (H:V). Relleno: 1:1 (H:V).
- Costo tubería de acero: \$4.976.455.
- Cotas de terreno y proyecto en A y B: $CTA=112,8$ m, $CTB=109,3$ m, $CPA_T=111,5$ m, $CPB_T=110,6$ m.

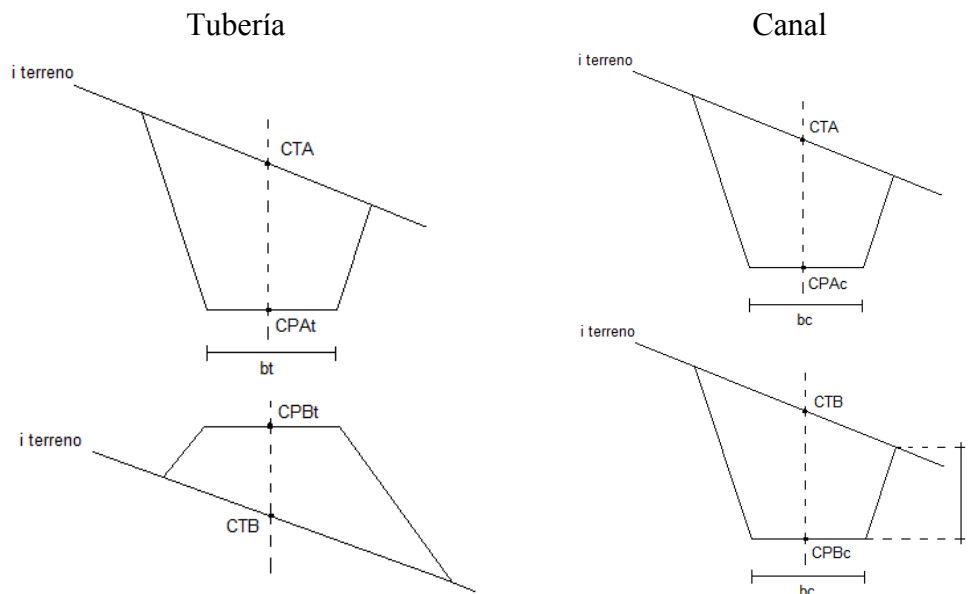
Canal excavado:

- Sección trapecial, de ancho basal $b_c=3$ m.
- Talud canal: 1:2 (H:V).

Otra información:

- Pendiente transversal terreno natural: $i_{\text{terreno}}=10\%$.
- Costo unitario volumen corte: \$12.000/m³.
- Costo unitario volumen relleno: \$20.000/m³.

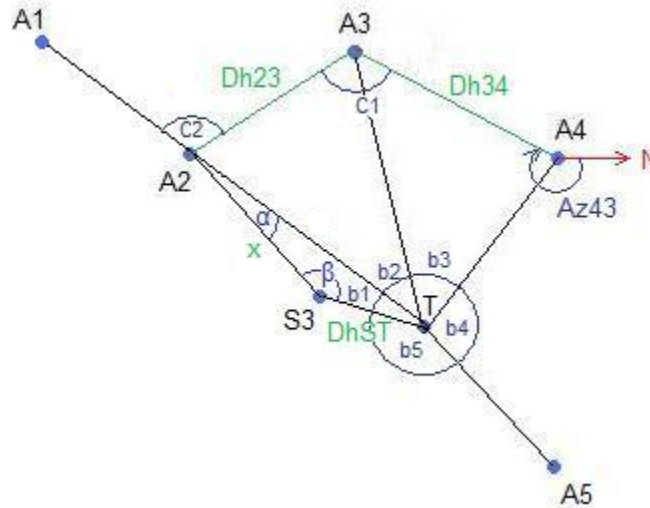
Si el canal debe tener una profundidad mínima $h=2,05$ m en el perfil en B, estime la pendiente del canal y concluya si su construcción es factible, sabiendo que la pendiente no puede ser mayor a 0,1%.



Hint: Para el volumen de corte del canal, asuma $1/3 < S_A/S_B < 3$

Pregunta N°3

- a) Para la estimación de volúmenes es necesario el uso de la distancia entre perfiles transversales, en cuanto a ella, que tipo de distancia utiliza para la determinación. Explique claramente los fundamentos de su decisión.
- b) ¿Que efectividad tendría realizar una medida como la repetición para el caso de un ángulo vertical?, ¿cambiaría en algo si el taquímetro en cuestión correspondiera a uno del tipo digital en vez de uno mecánico?
- c) El GPS es una herramienta para la estimación de coordenadas absolutas. Explique en términos de un problema plano equivalente como funciona el posicionamiento global.
- d) Para el cálculo de coordenadas de un polígono, un topógrafo decide orientarlo según la dirección norte usando una brújula en cada vértice para la estimación del azimut. Usted como entendido en estas metodologías ¿que le comentaría y/o sugeriría como procedimiento de trabajo?



Parte a)

Tabla 1: Reiteración desde torre

Calaje	HD [grad]	HT [grad]	HP	HPR	δ	HC
S3	399.985	199.999	-0.0080	0.0000	0.0000	0.0000
A2	7.048	207.053	7.0505	7.0585	-0.0002	7.0583
A3	31.532	231.538	31.5350	31.5430	-0.0010	31.5420
A4	98.647	298.652	98.6495	98.6575	-0.0031	98.6544
A5	184.728	384.73	184.7290	184.7370	-0.0058	184.7312
S3	400.008	200.001	400.0045	400.0125	-0.0125	400.0000
			ec:	-0.0125		

Tabla 2: Resultados ángulos reiteración

b1	7.0583	[grad]
b2	24.4837	[grad]
b3	67.1124	[grad]
b4	86.0768	[grad]
b5	215.2688	[grad]

Repetición desde S3:

Tabla 2: Repetición desde S3				Observaciones	
Calaje D	HD [grad]	HT [grad]	Calaje T	n :	3
A2	399.998	0.014	Torre	α :	153.374
Torre	60.129	339.909	A2	α' :	246.646
Giros Completos		400	400		
Ángulo Total		460.131	739.895		
Ángulo Provisorio		153.3770	246.6317	ec:	-0.0087
Corrección		-0.0033	-0.0053		
Ángulo Definitivo		153.3737	246.6263	ec:	0.0000

Luego $\beta = 153.3737$

$$\alpha = 200 - \beta - b1$$

$$\alpha = 39.568 \text{ grad}$$

Por Teo. Seno:

$$\frac{\text{sen}(b1)}{x} = \frac{\text{sen}(\alpha)}{Dh_{ST}}$$

Medida	Directa	Tránsito
ES [m]	3.973	3.952
Ei [m]	0.113	0.091
Z [grad]	99.745	299.673
Dh [m]	385.994	386.090
Dh promedio	386.042	

$$Dh_{ST} = KGsen^2(Z)$$

$$\Rightarrow x = 73.35 \text{ m}$$

Az	Valor	Unidad
Az A4-A3	214.233	[grad]
Az A3-A2	127.075	[grad]
Az A2-S3	58.6300	[grad]

Traslado de Azimuts:
 $Az_{A3-A2} = Az_{A4-A3} - 200 + C1$
 $Az_{A2-S3} = Az_{A3-A2} - C2 + \alpha$

Calculamos las coordenadas de las antenas y de S3:

$$\Delta E = Dh \cdot sen(Az) \quad ; \quad \Delta N = Dh \cdot cos(Az)$$

Punto	ΔE [m]	ΔN [m]	E [m]	N [m]
A4	0,00	0,00	26876,34	10872,58
A3	-530,22	-2331,94	26346,12	8540,64
A2	950,28	-430,42	27296,40	8110,22
S3	307,36	233,58	27603,76	8343,80

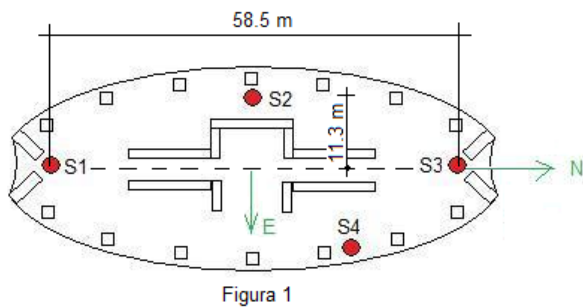


Figura 1

Punto	ΔE [m]	ΔN [m]	E [m]	N [m]
S1	0,00	-58,50	27603,76	8285,30
S2	-11,30	-29,25	27592,46	8314,55
S3	0,00	0,00	27603,76	8343,80

Parte b)

h	4	[m]
0.002h	0.008	[m]
Δ_{max} p. 60	0.472	[m]
Δ_{max} p. 43	0.336	[m]

$$\Delta_{max} \text{ piso } i = 0.002 \cdot h \cdot (i - 1)$$

Coordenadas relativas entre S1 p. 60 y S4 en posición deformada:
 $\Delta E = 9.85 \text{ m}$; $\Delta N = 42.59 \text{ m}$

Coordenadas absolutas en posición deformada:

Ed	27613.61	[m]
Nd	8328.36	[m]

E	27613.61	[m]
N	8328.03	[m]

$$Ed = \Delta E + E_{S1}$$

$$Nd = \Delta N + N_{S1} + \Delta_{max} \text{ p.60}$$

$$E_{S4} = Ed$$

$$N_{S4} = Nd - \Delta_{max} \text{ p.43}$$

Tubería:

Perfil A:

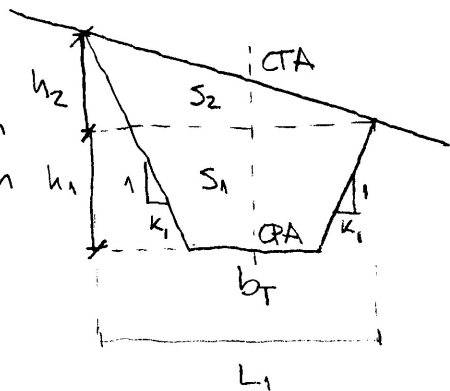
CTA = 112,8 m

CPA = 111,5 m

$k_1 = 1/3$

$b_T = 2,5$ m

$i_{\text{tubo}} = 0,1$



$$S_1 = \frac{(b_T + b_T + 2k_1 h_1) \cdot h_1}{2}$$

$$S_1 = h_1 (b_T + k_1 h_1)$$

$$S_2 = \frac{h_2 \cdot (b_T + 2k_1 h_1)}{2}$$

$$L_1 = b_T + 2k_1 h_1 + k_1 \cdot h_2$$

$$CTA - CPA = h_1 + \frac{i_{\text{tubo}}}{2} \cdot (b_T + 2k_1 h_1)$$

$$CTA - CPA = h_1 + \frac{i_{\text{tubo}}}{2} b_T + i_{\text{tubo}} k_1 h_1$$

$$\Rightarrow h_1 = \frac{CTA - CPA - \frac{i_T}{2} b_T}{1 + i_T k_1} = \frac{112,8 - 111,5 - \frac{0,1}{2} \cdot 2,5}{1 + 0,1 \cdot \frac{1}{3}} = 1,137 \text{ m}$$

$$h_2 = i_T \cdot L_1 = i_T (b_T + 2k_1 h_1 + k_1 h_2)$$

$$h_2 = i_T b_T + i_T 2k_1 h_1 + i_T k_1 h_2$$

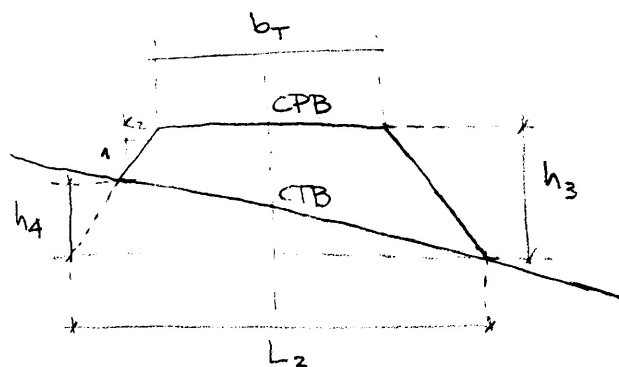
$$\Rightarrow h_2 = \frac{i_T b_T + i_T 2k_1 h_1}{1 - i_T k_1} = \frac{0,1 \cdot 2,5 + 0,1 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1,137}{1 - 0,1 \cdot \frac{1}{3}} = 0,337 \text{ m}$$

Luego: $S_1 = 1,137 (2,5 + \frac{1}{3} \cdot 1,137) = 3,273 \text{ m}^2$

$$S_2 = \frac{0,337 (2,5 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1,137)}{2} = 0,549 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow S_{TA} = S_1 + S_2 = 3,822 \text{ m}^3$$

Perfil B:



CPB = 110,6 m

CTB = 109,3 m

$k_2 = 1$

$b_T = 2,5$ m

$L_2 = b_T + 2h_3$

$S_3 = \text{Área del trapecio de altura } h_3$

$S_4 = \text{Área del triángulo inferior}$

Perfil B:

$$\tilde{S}_1 = \tilde{h}_1 (b_c + k_3 \tilde{h}_1)$$

$$\tilde{h}_2 = \frac{i_T b_c + i_T 2k_3 \tilde{h}_1}{1 - i_T k_3}$$

$$\tilde{S}_2 = \frac{\tilde{h}_2 (b_c + 2k_3 \tilde{h}_1)}{2}$$

$$\tilde{h}_1 = 2,05 \text{ m} \Rightarrow \tilde{h}_2 = \frac{0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 2,05}{1 - 0,1 \cdot 0,5} = 0,532 \text{ m}$$

$$S_{TA} = S_1 + S_2 = h_1 (b_c + k_3 h_1) + \frac{h_2 (b_c + 2k_3 h_1)}{2}$$

$$S_{TB} = \tilde{S}_1 + \tilde{S}_2 = \tilde{h}_1 (b_c + k_3 \tilde{h}_1) + \frac{\tilde{h}_2 (b_c + 2k_3 \tilde{h}_1)}{2}$$

$$S_{TB} = 2,05 (3 + 0,5 \cdot 2,05) + \frac{0,532 (3 + 2 \cdot 0,5 \cdot 2,05)}{2} = 9,595 \text{ m}^2$$

Volumen corte canal:

$$V_{cc} = \frac{D_L}{2} (S_{TA} + S_{TB}) = 15 \left(h_1 (3 + 0,5 h_1) + \frac{h_2 (3 + h_1)}{2} + 9,595 \right)$$

Imponiendo condición de presupuesto y reemplazando h_2 :

$$12.000 \cdot 15 \left(h_1 (3 + 0,5 h_1) + \frac{i_T (3 + h_1)^2}{2(1 - i_T \cdot 0,5)} + 9,595 \right) = 6.125.487$$

$$3h_1 + 0,5h_1^2 + 0,053(9 + 6h_1 + h_1^2) + 9,595 = 34,03$$

$$3h_1 + 0,5h_1^2 + 0,477 + 0,318h_1 + 0,053h_1^2 = 24,435$$

$$0,553h_1^2 + 3,318h_1 - 23,958 = 0$$

$$\Rightarrow h_1 = \frac{-3,318 \pm \sqrt{3,318^2 + 4 \cdot 0,553 \cdot 23,958}}{2 \cdot 0,553}$$

$$\Rightarrow h_1 = 4,234 \text{ m}$$

$$\text{Cotas de Proyecto: } CTA - CPA_c = h_1 + \frac{i_T}{2} (b_c + 2k_3 h_1)$$

$$\Rightarrow CPA_c = 112,8 - 4,234 - \frac{0,1}{2} (3 + 2 \cdot 0,5 \cdot 4,234) = 108,2 \text{ m}$$

$$CTB - CPB_c = \tilde{h}_1 + \frac{i_T}{2} (b_c + 2k_3 \tilde{h}_1)$$

$$\Rightarrow CPB_c = 109,3 - 2,05 - \frac{0,1}{2} (3 + 2 \cdot 0,5 \cdot 2,05) = 107 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente canal: } i_c = \frac{108,2 - 107}{30} = 0,04$$

$$\text{Pendiente máxima: } i_{\max} = 0,001 < i_c = 0,04$$

\Rightarrow Canal no es factible de construir