

INTERROGACIÓN 3

Jueves 12 de noviembre de 2015

Sin apuntes – Sin preguntas en sala – 2 horas

1. (10 puntos) Suponga que a causa de un problema técnico, se genera una falla en el sistema de control de emisiones de SO₂ de una planta termoeléctrica ubicada en el centro de un sector poblado. En esta condición de emergencia la planta emite 3,6 kg/h de SO₂. La chimenea tiene una altura efectiva de 40 m y el viento sopla permanentemente en la misma dirección con velocidad de 2 m/s. La condición de estabilidad atmosférica es del tipo E. Si la planta no puede dejar de operar sino hasta transcurridas 24 horas, determine la distancia viento abajo de la planta hasta donde se debe evacuar a la población a fin de que no se expongan a concentraciones de SO₂ mayores a 500 µg/m³.

Solución:

$$C(x;0,0) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \left[\exp\left\{-\frac{(-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right] \quad (2 \text{ puntos})$$

Con: $H = 40 \text{ m}$ y $u = 2 \text{ m/s}$

$$Q = 3,6 \text{ kg/h} = 3,6 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \frac{10^9 \mu\text{m}}{1\text{kg}} = 10^6 \mu\text{g/s} \quad (1 \text{ punto})$$

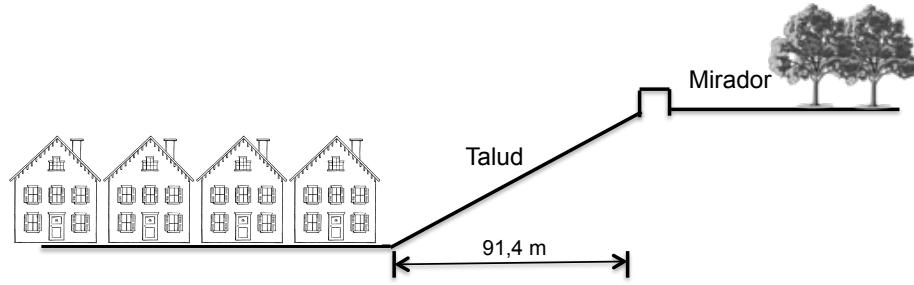
Para encontrar la distancia donde colocar las barreras se itera con distintas distancias hasta llegar a una zona segura para la población. Es importante en este punto, encontrar una distancia en donde no exista un peligro y otra en que sí exista, para que de esta forma se llegue a la distancia pedida.

$$C(453;0,0) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \left[\exp\left\{-\frac{(-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right] = 500,39$$

(4 puntos)

Las barreras se deben colocar a 453 m. Nota: Si se utilizaron los σ_y y σ_z de tabla, se llega a un resultado distinto, lo cual se consideró bien de acuerdo a desarrollo realizado. (3 puntos)

2. (10 puntos) Un nuevo proyecto vial contempla la construcción de un mirador en un cerro al costado de una zona urbanizada. El mirador se ubicará a 91,4 m de la urbanización (en la horizontal), y para ello se deberá levantar un talud en el cerro con pendiente de 16% (ver figura). El suelo es de estructura fina granular, con 30% de arcilla, 60% de limo, 7% de arena fina y 3% de materia orgánica. La precipitación media anual en el lugar es de 320 mm.



Nota: Figura no a escala.

La ordenanza municipal señala que para evitar que se colmatten con sedimento los colectores de agua lluvia de la urbanización, la máxima tasa de erosión permitida en el talud es de 5 t/(ha año). En función de esto la empresa a cargo de la construcción evalúa las siguientes opciones para el talud:

- I. Construirlo sin utilizar ningún tipo de cobertura ni prácticas de conservación de suelo.
- II. Dividir el talud en tres segmentos de igual longitud. El agua y el sedimento de cada segmento se colecta y remueve a través de una canaleta interceptora y se descarga en la base del talud.
- III. Construir el talud descrito en I pero utilizando vegetación en la superficie ($C = 0,02$). En base a lo anterior, calcule la tasa de erosión en cada una de las cuatro opciones de diseño y señale cuál debería ejecutar la empresa constructora.

Solución:

$$R = 539,6 \text{ MJ} \cdot \text{mm/ha} \cdot \text{h} \cdot \text{año} \quad (\mathbf{1 \ punto})$$

$s = 2$ (estructura fina granular)

$p = 5$ (suelo franco arcillo limoso)

$M = 4690$

$$K = 0,0447 \text{ t} \cdot \text{h/MJ} \cdot \text{mm} \quad (\mathbf{2 \ puntos})$$

$S = 16\%$

$$L_H = 91,4 \text{ m} = 300 \text{ pies}$$

I) $LS = 4,95$

$C = 1$

$P = 1$

$$A = 119,5 \text{ t/(ha*año)} \quad (\mathbf{2 \ puntos})$$

II) $L_H = 100 \text{ pies [cada ladera]}$

$$LS = 2,6 \quad 1 \text{ ptos}$$

$C = 1$

$P = 1$

$$A_i = 62,7 \text{ t/(ha*año)} \quad [\text{cada ladera}]$$

$$A = 188,1 \text{ t/(ha*año)} \quad [\text{total}] \quad (\mathbf{2 \ puntos})$$

III) $LS = 4,95$

$C = 0,02$

$P = 1$

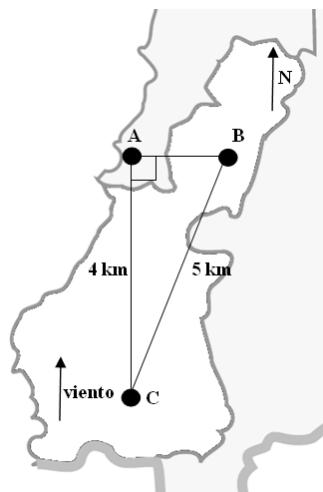
$$A = 2,39 \text{ t/(ha*año)} \quad (\mathbf{2 \ puntos})$$

Se debe utilizar la opción III ya que esta es la única que no supera la ordenanza (**1 punto**)

3. (10 puntos) En base a los conceptos y contenidos vistos en el curso, responda las siguientes preguntas.
- En el caso del SO₂, ¿qué es lo dañino para la salud de la población, la concentración o el tiempo de exposición?
Respuesta. Ninguno de los dos por sí solo. Es la combinación de ambos la que produce el problema. (4 puntos)
 - ¿Dónde se establece que en Chile el vivir en un medio ambiente libre de contaminación es un derecho?
Respuesta. Constitución Política de la República de Chile. (1 punto)
 - ¿Qué establece una Norma de Calidad Ambiental?
Respuesta. Valores de concentraciones máximas o mínimas de un elemento o compuesto, cuya presencia o carencia en el ambiente puede constituir un riesgo para la salud de la población (primaria) o los recursos naturales (secundaria). (4 puntos)
 - Si la norma de calidad ambiental de un contaminante es 200 µg/L ¿Cuál es la mínima concentración necesaria para declarar Zona Latente?
Respuesta. 160 µg/L (1 punto)

4. (10 puntos) Una industria ubicada al costado sur de una ciudad (C en figura) emite 13 toneladas de H₂S/día (gas de mal olor) por una chimenea de 20 m de alto. Una familia que vive en el piso 10 de un edificio ubicado 4 km al norte de la fábrica (A) evalúa la posibilidad de cambiarse a otro edificio (B) ubicado a 5 km de la fábrica siempre y cuando la concentración de H₂S a la altura del nuevo departamento sea menor que la que experimentan en el actual. En base a esto determine el rango de pisos en el nuevo edificio (B) en el cual se daría la condición que busca la familia. Considere que cada edificio tiene 26 pisos y cada piso tiene 3 m de alto. El viento predominante en la ciudad es de sur a norte y las características físicas de las emisiones y del ambiente son las siguientes:

Velocidad de salida del gas	20 m/s
Temperatura de salida del gas	115°C
Temperatura del aire ambiental	24°C
Diámetro de salida de la chimenea en la parte superior	2,5 m
Velocidad del viento	3 m/s
Presión atmosférica	1010 mb
Estabilidad de la atmósfera	D



Disposición espacial de los puntos de interés (diagrama no a escala).

Solución:

Se debe calcular la concentración de contaminante que se tiene en el departamento actual, y dado que viven en el piso 10, se encuentran entre los 27 y 30 m de altura. Para efectos de cálculo se considerará que viven a los 28,5 m. Luego la concentración en el departamento actual es:

$$\begin{aligned} C(4000m; 0; 28,5m) &= \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \left[\exp \left\{ -\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right\} + \exp \left\{ -\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right\} \right] \\ &= \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \left[\exp \left\{ -\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right\} + \exp \left\{ -\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right\} \right] \end{aligned} \quad (1 \text{ punto})$$

De las figuras 7.D.4 y 7.D.5 se obtienen los σ_y y σ_z para $x=4 \text{ km}$, $\sigma_y = 300 \text{ m}$; $\sigma_z = 70 \text{ m}$ (1 puntos)

$$\text{La fábrica emite: } Q = 13 \frac{\text{ton}}{d} * \frac{10^6 \text{ g}}{\text{ton}} * \frac{d}{86400 \text{ s}} = 150,5 \frac{\text{g}}{\text{s}} \quad (1 \text{ punto})$$

Para el cálculo de la altura a la que llega la emisión, se tiene que:

$$H = h + \Delta h \text{ donde } h = 20 \text{ m y } \Delta h \text{ es: } \Delta h = \frac{V_s d}{u} \left[1,5 + 0,00268 P * \frac{\Delta T * d}{T_s} \right]$$

$$\text{Con: } V_s = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; d = 2,5 \text{ m} ; u = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; P = 1010 \text{ mb} ; T_s = 388 \text{ k} ; \Delta T = 91 \text{ k}$$

$$\Delta h = 51,45 \text{ m}, \quad \rightarrow H = 51,45 + 20 = 71,45 \quad \square$$

(1,5 punto)

$$C(4000m; 0; 28,5m)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{150,5 \frac{\text{g}}{\text{s}}}{2\pi * 70 \text{ m} * 300 \text{ m} * 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \left[\exp \left\{ -\frac{(28,5 - 71,45)^2}{2 * 70^2} \right\} \right. \\ &\quad \left. + \exp \left\{ -\frac{(28,5 + 71,45)^2}{2 * 70^2} \right\} \right] = 0,00451991856 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 4519,92 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

(1,5 puntos)

En el nuevo edificio se mantienen todas las condiciones, salvo que su ubicación tendrá una componente en Y: $y = \sqrt{5^2 - 4^2} = 3 \text{ km} = 3000 \text{ m}$

(1 puntos)

Así la concentración está dada por:

$$C(4000m; 3000m; z)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{150,5 \frac{\text{g}}{\text{s}}}{2\pi * 70 \text{ m} * 300 \text{ m} * 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \left[\exp \left\{ -\frac{3000^2}{2 * 300^2} - \frac{(z - 71,45)^2}{2 * 70^2} \right\} \right. \\ &\quad \left. + \exp \left\{ -\frac{3000^2}{2 * 300^2} - \frac{(z + 71,45)^2}{2 * 70^2} \right\} \right] \end{aligned}$$

Corroborar los extremos:

$$C(4000m; 3000m; z = 0) = 0 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} < 4519,92 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$C(1500m; 3000m; z = 78m \text{ (piso 26)}) = 0 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} < 4519,92 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

Por lo tanto se puede vivir en cualquier piso.

(3 puntos)

RUSLE

$$A [t \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}] = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

$$R [\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}] = 0,048 \cdot P^{1,617} \quad \text{donde } P \text{ es precipitación anual (mm)}$$

$$K [t \text{ ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}] = [2,1 \cdot 10^{-4} \cdot M^{1,14} (12 - MO) + 3,25 (s - 2) + 2,5 (p - 3)] / (100 \cdot 7,59)$$

$$M = (\% \text{ limo} + \% \text{ arena fina}) \cdot (100 - \% \text{ arcilla})$$

MO: Materia orgánica (%)

s: Índice de estructura

p: Índice de permeabilidad

Estructura	Índice de estructura (s)
Muy fino granular	1
Fino granular	2
Medio o granular grueso	3
Bloque, laminar o masivo	4

Textura	Índice de permeabilidad (p)
Arenoso	1
Franco arenoso	2
Areno franco	
Franco	3
Franco limoso	
Franco arcillo arenoso	4
Franco arcillosos	
Franco arcillo limoso	5
Arcillo arenoso	
Arcillo limoso	6
Arcilloso	

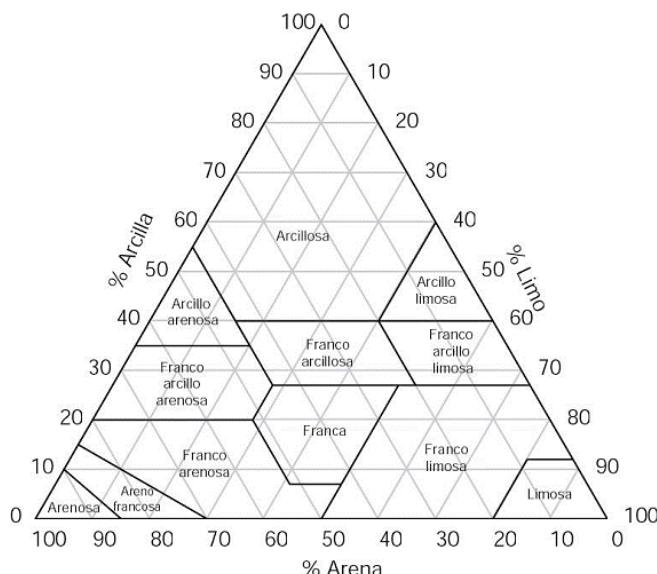


Table 4-2.
Values for topographic factor, LS, for moderate ratio of rill to interrill erosion.¹

Slope (%)	Horizontal slope length (ft)																
	3	6	9	12	15	25	50	75	100	150	200	250	300	400	600	800	1000
0.2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
0.5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
1.0	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.20	0.20
2.0	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.19	0.22	0.25	0.27	0.29	0.31	0.33	0.35	0.37	0.41	0.44	0.47
3.0	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.25	0.32	0.36	0.39	0.44	0.48	0.52	0.55	0.60	0.68	0.75	0.80
4.0	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.31	0.40	0.47	0.52	0.60	0.67	0.72	0.77	0.86	0.99	1.10	1.19
5.0	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.37	0.49	0.58	0.65	0.76	0.85	0.93	1.01	1.13	1.33	1.49	1.63
6.0	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.43	0.58	0.69	0.78	0.93	1.05	1.16	1.25	1.42	1.69	1.91	2.11
8.0	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.53	0.74	0.91	1.04	1.26	1.45	1.62	1.77	2.03	2.47	2.83	3.15
10.0	0.46	0.48	0.50	0.51	0.52	0.67	0.97	1.19	1.38	1.71	1.98	2.22	2.44	2.84	3.50	4.06	4.56
12.0	0.47	0.53	0.58	0.61	0.64	0.84	1.23	1.53	1.79	2.23	2.61	2.95	3.26	3.81	4.75	5.56	6.28
14.0	0.48	0.58	0.65	0.70	0.75	1.00	1.48	1.86	2.19	2.76	3.25	3.69	4.09	4.82	6.07	7.15	8.11
16.0	0.49	0.63	0.72	0.79	0.85	1.15	1.73	2.20	2.60	3.30	3.90	4.45	4.95	5.86	7.43	8.79	10.02
20.0	0.52	0.71	0.85	0.96	1.06	1.45	2.22	2.85	3.40	4.36	5.21	5.97	6.68	7.97	10.23	12.20	13.99
25.0	0.56	0.80	1.00	1.16	1.30	1.81	2.82	3.85	4.39	5.69	6.83	7.88	8.86	10.65	13.80	16.58	19.13
30.0	0.59	0.89	1.13	1.34	1.53	2.15	3.39	4.42	5.34	6.98	8.43	9.76	11.01	13.30	17.37	20.99	24.31
40.0	0.65	1.05	1.38	1.68	1.95	2.77	4.45	5.87	7.14	9.43	11.47	13.37	15.14	18.43	24.32	29.60	34.48
50.0	0.71	1.18	1.59	1.97	2.32	3.32	5.40	7.17	8.78	11.66	14.26	16.67	18.94	23.17	30.78	37.65	44.02
60.0	0.76	1.30	1.78	2.23	2.65	3.81	6.24	8.33	10.23	13.65	16.76	19.64	22.36	27.45	36.63	44.96	52.70

¹Such as for row-cropped agricultural and other moderately consolidated soil conditions with little-to-moderate cover (not applicable to thawing soil)

Modelo Gaussiano:

$$C(x, y, z) = \left(\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \right) \left[\exp \left\{ -\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right\} + \exp \left\{ -\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right\} \right]$$

Para la condición de estabilidad E:

$$\sigma_y(\text{m}) = 0,06 \cdot x \cdot \left(1 + \frac{x}{10^4} \right)^{-0,5} \quad \sigma_z(\text{m}) = 0,03 \cdot x \cdot \left(1 + \frac{3x}{10^4} \right)^{-1}, \quad x: \text{distancia viento abajo en m.}$$

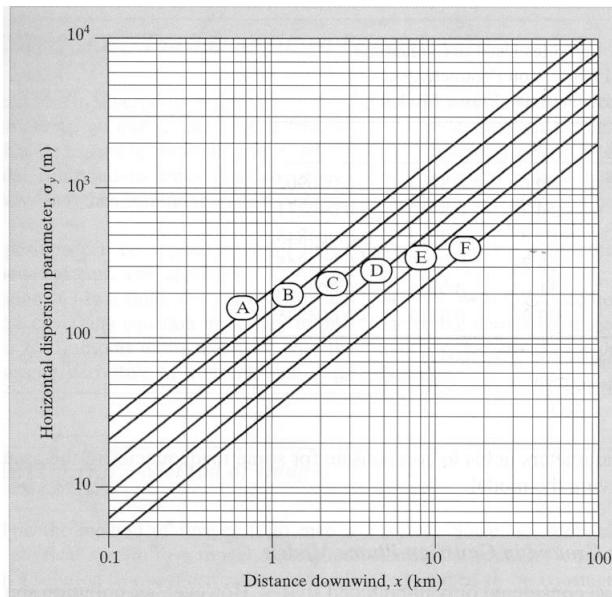


Figure 7.D.4 Horizontal dispersion parameters, σ_y , for atmospheric Gaussian plume modeling.

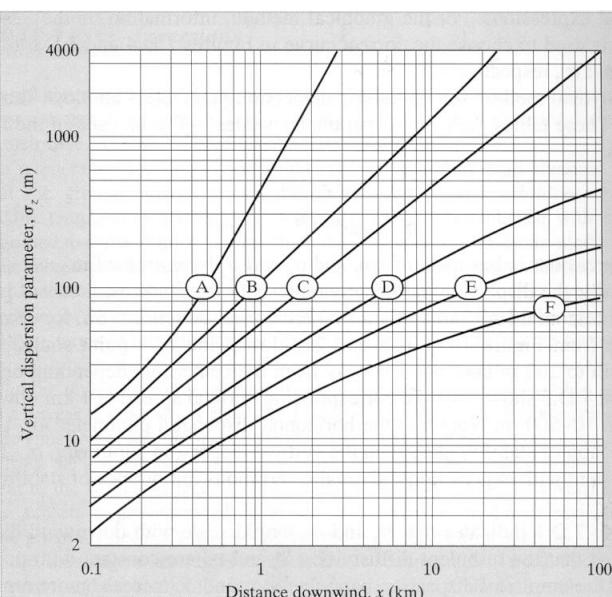


Figure 7.D.5 Vertical dispersion parameters, σ_z , for atmospheric Gaussian plume modeling.

Ascenso del penacho:

$$\Delta h = \frac{V_s d}{u} \left[1,5 + 0,00268P \frac{(\Delta T)d}{T_s} \right] \quad \begin{aligned} \Delta h &: \text{ascenso del penacho por sobre la chimenea, m} \\ V_s &: \text{velocidad del gas a la salida de la chimenea, m/s} \\ d &: \text{diámetro interior de la chimenea, m} \\ u &: \text{velocidad del viento, m/s} \\ P &: \text{presión atmosférica, milibares} \end{aligned}$$

ΔT : temperatura del gas en la chimenea - temperatura ambiente, K

T_s : temperatura del gas en la chimenea, K

Conversiones

1 m = 3,28 pies

1 ha = 10000 m²