

Auxiliar Control 1

Pregunta 3 Control 1 2012

Una cuenca de 180 hectáreas, ubicada en una zona rural, ha sido seleccionada para ser incorporada al plan de urbanización de una importante ciudad del país. Dicho plan involucra el desarrollo de áreas residenciales, comerciales e industriales; provocando así un cambio en las condiciones de uso de suelo. Esto se traduce en un mayor grado de impermeabilización para la cuenca.

Utilizando datos de una tormenta registrada, se le solicita a usted evaluar el impacto que conllevaría la urbanización de esta zona. Este impacto se puede medir a través de la variación del volumen estimado de escorrentía que generaría la tormenta en estudio. Para tales efectos, considere los siguientes antecedentes:

- Intensidad de la tormenta

t [min]	I [mm/hr]
0 - 30	9,9
30 - 60	16,5
60 - 90	13,8
90 - 120	8,3
120 - 150	5,5
150 - 180	1,1
180 - 210	0,6
210 - 240	0,5

- Se puede estimar la evaporación utilizando el método de balance de energía para una radiación neta promedio de 136 W/m^2 y temperatura media de 10°C .

Método de balance de energía

$$E = \frac{R_n}{l_v \rho_w}$$

Donde:

E : Tasa de evaporación

R_n : Radiación neta

l_v : Calor latente de vaporización en $\text{kJ/kg} = 2500 - 2,36 T$ (para T en $^\circ\text{C}$)

- Se ha determinado que la infiltración de la cuenca queda bien representada mediante el método de Horton con los parámetros: $f_0 = 2 \text{ mm/hr}$, $f_c = 0,5 \text{ mm/hr}$ y $k = 0,3 \text{ 1/hr}$.

Se espera que la superficie de la cuenca, que actualmente es 100% permeable, vea reducida su área permeable a un 25% del total.

Con esta información responda:

- ¿Cuáles son los volúmenes estimados de escorrentía que genera esta tormenta tanto para el escenario actual como para el escenario con urbanización?
- ¿Qué medidas sugiere usted para disminuir el impacto sobre el aumento en el volumen de escorrentía?

Solución:

De acuerdo al modelo Horton, las tasas de infiltración potenciales son:

f_c [mm/h]	0.5
f_0 [mm/h]	2
k [1/h]	0.3

t [min]	f [mm/h]
0	2.000
30	1.791
60	1.611
90	1.456
120	1.323
150	1.209
180	1.110
210	1.025
240	0.952
270	0.889
300	0.835

Cabe señalar que estas tasas están sujetas a la cantidad de agua disponible, es decir, no puede infiltrar más agua de la que ha caído.

Por otra parte, la tasa de evaporación se determina utilizando las expresiones que se indican en el enunciado:

T [°C]	25
l_v [kJ/kg]	2441
densidad [kg/m ³]	1000

R_n [W/m ²]	E [m/s]	E [mm/hr]
136	5.57E-08	0.20

De esta forma, para determinar la escorrentía se realiza un balance, en donde a la precipitación se descuenta la infiltración y la evaporación (este resultado no puede ser negativo).

t [min]	I [mm/hr]	Pp [mm]	E [mm]	Pp-E [mm]	f potencial [mm]	Infiltración [mm]	Pp-E-I [mm]
0 - 30	9.9	4.95	0.10	4.85	0.95	0.95	3.90
30 - 60	16.5	8.25	0.10	8.15	0.85	0.85	7.30
60 - 90	13.8	6.90	0.10	6.80	0.77	0.77	6.03
90 - 120	8.3	4.15	0.10	4.05	0.69	0.69	3.35
120 - 150	5.5	2.75	0.10	2.65	0.63	0.63	2.02
150 - 180	1.1	0.55	0.10	0.45	0.58	0.45	0.00
180 - 210	0.6	0.30	0.10	0.20	0.00	0.00	0.20
210 - 240	0.5	0.25	0.10	0.15	0.49	0.15	0.00
Total [mm]		28.10	0.80	27.30	4.97	4.49	22.81
Total [m ³]		50580	1444.13	49135.87	8940.40	8086.57	41049.30

El valor de f potencial en mm se calculó como el producto entre el valor medio de f dentro del intervalo y el intervalo de tiempo. Para estos mismos efectos, también se puede calcular la diferencia entre $F(t+dt)$ y $F(t)$, lo cual entrega la cantidad potencial en mm de agua infiltrada. En caso de que el valor de Pp-E sea mayor a f potencial, la infiltración es f potencial, de lo contrario, la infiltración será Pp-E. De esta manera, el volumen que escurre viene dado por Pp-E-I. Para transformar las cantidades de mm a m³ se multiplica por el área de la cuenca.

Para el escenario con urbanización se tiene que un 25% será permeable y, por tanto, un 75% será impermeable, es decir, con infiltración nula. Esto significa que el 75% del volumen de Pp-I (área impermeable) más el 25% del volumen de Pp-E-I (área permeable) se transformará en escorrentía. Esto da como resultado un volumen igual a 47114.23 m³, lo cual significa un aumento de un 15%.

Pregunta 2 Control 1 2011

En el diseño de un canal de regadío, se utilizó la información de precipitación máxima diaria de la estación Colorado perteneciente a la cuenca del río Claro en la región del Maule, el cual fue pensado para que este no rebalse en una vida útil de 20 años, con una seguridad del 67%.

Si usted cuenta con la estadística de esta información mostrada en la Tabla 2.1 y además con los mejores resultados del test chi-cuadrado que se muestran en la Tabla 2.2 y los resultados gráficos se muestran en las Figuras 2.1 a 2.3. Se le pide:

- (0.75) Determine el periodo de retorno de diseño de dicho canal.
- (0.75) Si se estima que el canal sólo sería capaz de ser sobrepasado tres veces en su vida útil, determine cuál es la probabilidad de que el canal quede inoperante en los primeros quince años.

Solución

a)

$$S = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Donde:

S : Seguridad hidrológica

T : Periodo de retorno [años]

N : Vida útil [años]

Por lo tanto:

$$T = \frac{1}{1 - S^{1/N}}$$

Lo cual entrega un periodo de retorno igual a $50.4 \approx 50$ años, con una probabilidad de excedencia igual al 2%.

b) El canal falla cuando se ve sobrepasado 4 veces. Si se ve sobrepasa 5 veces, también falla, lo mismo para 6,7,...,15. Es decir, se deben sumar la probabilidades de que falle 4,5,6,...,15 veces:

$$Prob\ de\ falla = \sum_{i=4}^{15} \binom{15}{k} p_{exc}^k (1 - p_{exc})^{15-k} = 0.018\%$$

Esto es equivalente a calcular la probabilidad de que no ocurra la falla, es decir, que se vea sobrepasado 0,1,2 y 3 veces, y luego restársela a 1.

$$Prob\ de\ falla = 1 - \sum_{i=0}^3 \binom{15}{k} p_{exc}^k (1 - p_{exc})^{15-k} = 0.018\%$$

Pregunta 3: Cálculo de exceso de precipitación utilizando CN

En una estación pluviométrica representativa de una cuenca con 100 km^2 de área, se registró una tormenta otoñal que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Precipitaciones

Tiempo [horas]	Pp [mm]
0 – 1	7
1 – 2	15
2 – 3	12
4 - 5	5

La cuenca está cubierta por un 40% de bosques y el resto por tierras cultivadas (con tratamiento). El tipo de suelo es arena arcillosa.

Se le pide estimar la cantidad de precipitación en exceso de la tormenta. Considerar que anteriormente se registró una lluvia de 28 mm.

Solución

Primero se debe buscar el grupo de suelo:

CLASE A: Suelos con alta capacidad de infiltración. Arenas, gravas y loess profundos.

CLASE B: Suelos con capacidad de infiltración moderada. Loess poco profundos, marga arenosa

CLASE C: Suelos con capacidad de infiltración bajas. Marga arcillosa, marga arenosa poco profunda, suelos de bajo contenido orgánico y suelos generalmente con alto contenido de arcilla.

CLASE D: Suelos con muy baja capacidad de infiltración o en los que el nivel freático está cerca de la superficie. Suelos que aumentan de volumen cuando están mojados, arcillas plásticas pesadas y algunos suelos salinos.

El método de la curva número utiliza las siguientes relaciones.

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{(P + 0.8 \cdot S)}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ (en mm)}$$

Por lo cual, a partir de la Tabla 3, se debe buscar el valor del número de curva CN para el grupo de suelo correspondiente. Los valores de CN de la Tabla 3 deben ajustarse de acuerdo a las condiciones de humedad antecedente según Tabla 2.

Tabla 2: Clasificación de las Condiciones de Humedad. Lluvia antecedente de 5 días (mm)

Grupo	Estación Latente	Estación de crecimiento
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,3
III	> 27,9	> 53,3

Luego para cambiar el grupo del número de curva existen las siguientes expresiones:

$$CN (I) = \frac{4.2 CN (II)}{10 - 0.058 CN (II)}$$

$$CN (III) = \frac{23 CN (II)}{10 + 0.13 CN (II)}$$

Tabla 3: Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II)

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena ²	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :				
Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

De esta forma, de acuerdo al problema se tiene suelo clase B. Por lo tanto, para la cuenca el CN es:

	CN(II)	%
Bosque	66	40
Cultivo	71	60
Cuenca	69	

Como es otoño, las condiciones de humedad son tipo III, por lo que $CN(III) = 83,7$.

Finalmente:

S [mm]	49.6
P [mm]	39
Pe [mm]	10.7