

EXAMEN de DISEÑO HIDROLÓGICO

Marzo 2023

1. (15 puntos)

En una sección transversal de un cauce se realizó una campaña de aforos, de la cual se obtuvo una serie de mediciones de nivel (**H**) y caudal (**Q**) cuyos resultados pueden verse en la **Tabla 1**. Para dicha sección, se proponen dos alternativas de Curva de Aforo cuyos parámetros se indican en las **Tabla 2** y **3** respectivamente.

Tabla 1.- Resultado de campaña de aforos.

H (m)	Q (m ³ /s)
-0.16	1.56
-0.06	2.59
0.08	3.46
0.28	16.8
0.67	23.6
1.08	37.4
1.80	64.0
2.27	72.9
2.61	94.3
3.10	153
4.23	301
4.77	502
5.20	618
6.00	937
6.82	1801

Tabla 2.- Parámetros de Curva de Aforo 1

	H desde (m)	H hasta (m)	A	H0	b
Tramo 1	-0.20	0.45	8.5	-0.77	4.4
Tramo 2	0.45	1.92	14.6	-0.77	1.6
Tramo 3	1.92	4.92	7.8	-0.77	2.2
Tramo 4	4.92	8.50	0.1	-0.77	5.0

Tabla 3.- Parámetros de Curva de Aforo 2.

	H desde (m)	H hasta (m)	A	H0	b
Tramo 1	-0.20	0.13	32.2	-0.55	3.6
Tramo 2	0.13	2.90	14.9	-0.55	1.6
Tramo 3	2.90	5.61	1.9	-0.55	3.3
Tramo 4	5.61	8.50	0.2	-0.55	4.6

- a) Calcular, en base a las mediciones, la raíz del error medio cuadrático asociada al uso de cada una de las curvas propuestas. ¿Con cuál de las dos curvas se quedaría para realizar estimaciones de caudal en un futuro?

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{est} - Q_i^{obs})^2}{n}}$$

- b) Describir cuales son las posibles razones que lleven a proponer una curva de aforo en tramos como en este caso.

Resolución a):

H (m)	Q (m ³ /s)	Q CAf1 (m ³ /s)	Q CAf2 (m ³ /s)	Error CAf1 (m ³ /s)	Cuadrático	Error CAf2 (m ³ /s)	Cuadrático
-0.16	1.560	0.964	1.040	0.596	0.36	0.520	0.27
-0.06	2.590	1.878	2.390	0.712	0.51	0.200	0.04
0.08	3.460	4.140	5.975	-0.680	0.46	-2.515	6.33
0.28	16.820	10.475	10.992	6.345	40.26	5.828	33.97
0.67	23.850	26.183	20.514	-2.333	5.44	3.336	11.13
1.08	37.410	39.182	32.800	-1.772	3.14	4.610	21.25
1.80	63.980	66.491	59.327	-2.511	6.31	4.653	21.65

EXAMEN de DISEÑO HIDROLÓGICO

Marzo 2023

2.27	72.900	94.226	79.710	-21.326	454.80	-6.810	46.38
2.61	94.300	119.521	95.852	-25.221	636.12	-1.552	2.41
3.10	153.300	161.928	132.607	-8.628	74.44	20.693	428.19
4.23	301.470	287.657	320.141	13.813	190.79	-18.671	348.61
4.77	502.400	362.058	454.194	140.342	19695.90	48.206	2323.85
5.20	617.650	489.357	585.531	128.293	16459.11	32.119	1031.65
6.00	937.000	919.573	969.989	17.427	303.72	-32.989	1088.30
6.82	1801.390	1631.772	1664.625	169.618	28770.36	136.765	18704.73
				RMSE CAf1 (m3/s)	60.8	RMSE CAf2 (m3/s)	36.6

2. (10 puntos)

Describe el proceso de calibración y validación/verificación de un modelo. Defina el concepto de función objetivo y explique la diferencia con los indicadores de desempeño.

3. (11 puntos)

- Defina los procesos que conducen a la incorporación difusa de contaminantes a los cuerpos de agua.
- Explique las dos condiciones de "conectividad" necesarias para justificar la presencia de un contaminante en un cuerpo de agua receptor.

4. (12 puntos)

A partir de la siguiente información correspondiente a un embalse para riego:

- Área de la cuenca de aporte = 2750 ha
- Precipitación media anual = 1200 mm
- Coeficiente de escorrentía = 0,30 (medio anual)
- Demanda para riego = 5 Hm³
- Volumen reservado para caudal ambiental = 1 Hm³

Tabla: Relación cota-volumen almacenado del embalse

Cota (m)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
V (Hm ³)	0,4	0,8	1,5	2,2	4,1	5,0	7,0	9,3	11,5

Se pide:

- Calcule el volumen de escurrimiento medio anual de aporte de la cuenca.
- En base a una evaluación preliminar del comportamiento del embalse en términos medios (llenado, satisfacción de la demanda, etc.) discuta las ventajas y desventajas de las siguientes dos opciones para la cota de vertido: 7 y 9 m.

EXAMEN de DISEÑO HIDROLÓGICO

Marzo 2023

Resolución a)

$$a) Cesc = Vol.Esc / Vol.Precip$$

$$Vol.Precip = Ac \times P = (2750 \times 100 \times 100) \times (1200/1000) / 1e6 = 33 \text{ Hm}^3$$

$$Vol.Esc = Vol.Precip \times Cesc = 9,9 \text{ Hm}^3$$

5. (12 puntos)

Se tiene una serie de precipitación diaria y se desea ajustar una distribución de Pareto Generalizada a los valores por sobre un umbral.

- ¿Qué relaciones indica la teoría que cumplen los parámetros de escala (σ_1 y σ_2) y de forma (ξ_1 y ξ_2) para umbrales (μ_1 y μ_2) dentro de un rango de umbrales en que los datos ajustan bien a una distribución GP?
- Dado un set de datos, describa cómo procedería para determinar un umbral adecuado de trabajo para el ajuste de una GP. Justifique.

6. (14 puntos)

- Describa las principales diferencias en el comportamiento hidráulico de un acuífero libre y uno confinado ante un bombeo.
- Describa el fenómeno de drenaje diferido que se produce en un acuífero libre durante un bombeo.

7. (26 puntos)

En un predio agrícola, se tienen 2 pozos alejados 1 km entre sí.

- El POZO 1 se encuentra actualmente en uso y se tienen datos de un ensayo de bombeo realizado a caudal constante 120 m³/h. El diámetro de este pozo es de 10 pulgadas y tiene una profundidad de 17 m donde se conoce su perfil litológico.
- El POZO 2 se perforó recientemente y para conocer su rendimiento se le realizó un ensayo de bombeo de tres escalones, obteniéndose parejas de valores caudal-descenso con tiempos de bombeo iguales.

Perfil litológico POZO 1	POZO 1
suelo orgánico	0 a 2.0 m
arena saturada	2 a 17 m
roca	

Ensayo escalonado POZO 2	
Q (m ³ /d)	s (m)
864	2.65
1296	4.39
1728	6.64

Ensayo de bombeo POZO 1	
t (min)	s (m)
1	2.04
10	2.75
30	3.13
50	3.25
100	3.51
500	4.05
900	4.18
1500	4.32
3000	4.61
5000	4.75

EXAMEN de DISEÑO HIDROLÓGICO

Marzo 2023

- Determinar el tipo de acuífero, la conductividad hidráulica inicial y el coeficiente de almacenamiento del acuífero utilizando la información disponible. Justificar.
- Determinar que descenso máximo real se produciría en el POZO 2, si se coloca una bomba que extrae 60 m³/h en dicho pozo.
- Hallar la eficiencia del POZO 2 para el caudal de extracción anterior.

a) Teniendo en cuenta el perfil litológico del pozo se puede decir que el acuífero es LIBRE con un espesor saturado $H_0 = 15$ m.

A partir del ensayo de bombeo se comparan los descensos obtenidos con el espesor saturado: Como todos los descensos se encuentran entre un 13 % y un 27 % del espesor saturado, se corrigen utilizando que: $sc = s - \frac{s^2}{2H_0}$ y se grafican los sc respecto al tiempo en una hoja semilogarítmica. Luego usando la Aproximación de Jacob se calcula la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento. La conductividad hidráulica se calcula multiplicando la transmisividad por el espesor saturado inicial ($H_0 = 15$ m).

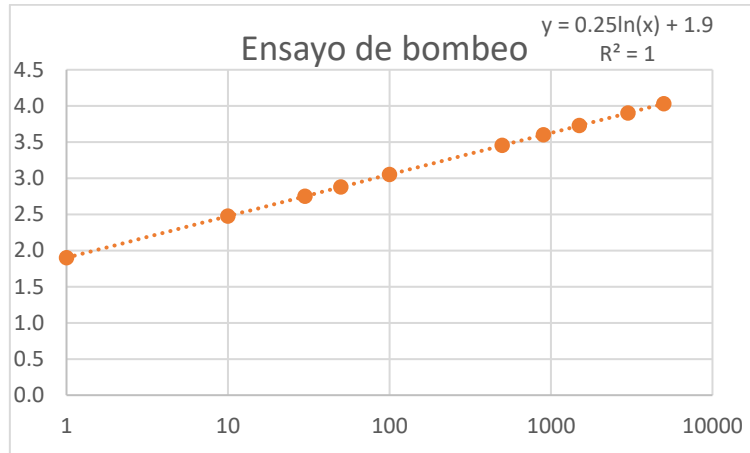
t (min)	s (m)	s/H ₀	sc (m)
1	2.04	0.13	1.9
10	2.75	0.17	2.5
30	3.13	0.18	2.8
50	3.25	0.19	2.9
100	3.51	0.20	3.1
500	4.05	0.23	3.5
900	4.18	0.24	3.6
1500	4.32	0.25	3.7
3000	4.61	0.26	3.9
5000	4.75	0.27	4.0

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln(t) + \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2.25T}{r^2 S}\right)$$

m (pendiente)	0.25
To (m ² /min)	0.63662
To (m ² /dia)	916.7
n (término indep)	1.9
S con T bombeo	0.044

EXAMEN de DISEÑO HIDROLÓGICO

Marzo 2023

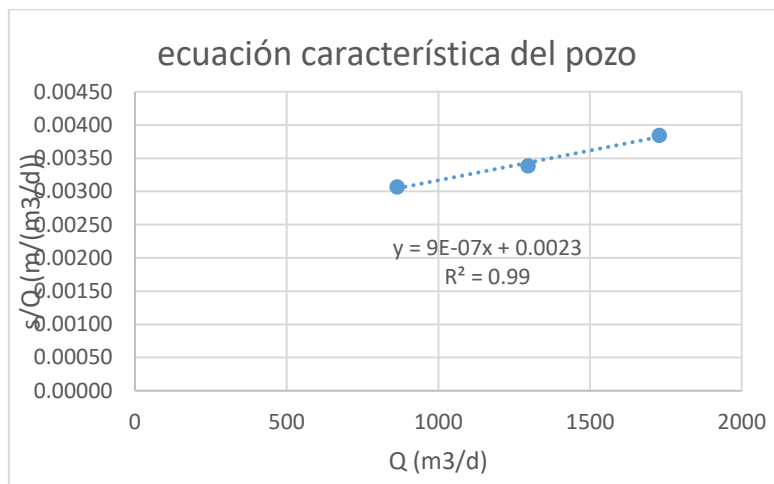


b) El s real para un caudal dado, se estima a partir de la curva característica del pozo. La cual se obtiene a partir del ensayo de tres escalones con caudal incremental.

Para ello, se grafica s/Q vs Q y se observa que $n=2$

$$s_i = B * Q_i + C * Q_i^2$$

Q (m ³ /d)	s (m)	Q (m ³ /d)	s/Q (m/(m ³ /d))
864	2.65	864	0.00307
1296	4.39	1296	0.00339
1728	6.64	1728	0.00384



Resolviendo el sistema se obtiene que:

B	0.0023
C	9.00E-07

Se evalúa en la ecuación del pozo con un caudal de 60 m³/h y se obtiene un descenso real de 5.18 m.

Q (m ³ /h)	Q(m ³ /d)	s (m)
60	1440	5.18

c) Se utiliza la ecuación de eficiencia para el caudal considerado y se tiene como resultado:

Ef=	B/(B+C*Q)	63.96 %
-----	-----------	---------