



ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 3. Características fisicoquímicas del agua

6. EJERCICIOS

EJERCICIO 3.1. Se adjunta la analítica de un agua potable. Con los datos facilitados y las gráficas adjuntas determinar:

- Si es incrustante o agresiva
- Clasificación en función de la dureza

Masas atómicas en una

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIII			Ib	IIb	IIa	IVa	Va	VIa	VIIa	0
1	1 H 1,00794																	2 He 4,0026
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122											5 B 10,811	6 C 12,0107	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984	10 Ne 20,1797
3	11 Na 22,9898	12 Mg 24,3050											13 Al 26,9815	14 Si 28,0855	15 P 30,9738	16 S 32,066	17 Cl 35,4527	18 Ar 39,948
4	19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,867	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,845	27 Co 58,9332	28 Ni 58,6934	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc (98,9063)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,905	46 Pd 106,42	47 Ag 107,8682	48 Cd 112,411	49 In 114,818	50 Sn 118,710	51 Sb 121,760	52 Te 127,60	53 I 126,9045	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,905	56 Ba 137,327	57 * La 138,906	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,217	78 Pt 195,078	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po (208,98)	85 At (209,99)	86 Rn (222,02)
7	87 Fr (223,02)	88 Ra (226,03)	89 * Ac (227,03)	104 Rf (261,11)	105 Db (262,11)	106 Sg (263,12)	107 Bh (264,12)	108 Hs (265,13)	109 Mt (268)	110 Uun (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)	113 Uut ()	114 Uuq (285)	115 Uup ()	116 Uuh (289)	117 Uus ()	118 Uuo (293)



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 3. Características fisicoquímicas del agua



DATOS GENERALES				
INFORME Nº: 866328				
ANÁLISIS Nº: 825940				
MUESTRA REMITIDA POR: A.M.A.E.M. (PETRER-AGUAS POTABLES)				
DOMICILIO: C/ ALDINA, 31				
POBLACION: 03007-ALICANTE				
DENOMINACIÓN MUESTRA: Depósito de Aguafilia I				
DESCRIPCIÓN MUESTRA: Envase de plástico de 600 mL(1); Envase de plástico edsmi de 500 mL(1); Envase de vidrio tapado 250 mL (Tiosulfato sódico)(1); Envase de vidrio tapado de 100 mL(1); Tubo estéril 50 ml (NaOH)(1); Tubo estéril de 50 mL(3); Vial de 50 mL (Na2S2O3)(2); contenido agua potable				
FECHA RECEPCIÓN: 23/05/2023				
FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN: 24/05/2023				
PARAMETROS	MÉTODOS	RD 140/2003	RESULTADOS	UNIDADES
Características organolépticas				
Color	PE-A0032 Sonda Multiparamétrica	1E	< 1,0 ± 15%	mg/L Pt/Co
Odor	PE-A0014 Dilución	3 a 25°C	1	Ind. de ol.
Sabor	PE-A0015 Dilución	3 a 25 °C	1	Ind. de ol.
Turbidez	PE-A0032 Sonda Multiparamétrica	1	0,14 ± 14%	UNF
Características Físico-Químicas				
Amoníaco	PE-C0012 Espectrofotometría absorción	0,5	< 0,10 ± 12%	mg/L
Carbono orgánico total	Combustión IR, PE-F0001		0,8 ± 15%	mg/L
Cloruros totales	PE-F0057, SPA	50	< 5 ± 18 %	ug/L
Cloro residual combinado	PE-C0018 Espectrofotometría absorción		< 0,05 ± 17%	mg/L
Cloro residual libre	PE-C0018 Espectrofotometría absorción		0,37 ± 17%	mg/L
Índice de Langley	F0344, Índice de Langley		-	-
Bicarbonatos	PE-A0012 Volumétrica	235,0	± 12%	mg/L
Calcio	PE-D0026 Metales ICP-MS	71,4	± 12%	mg/L
Carbonatos	PE-A0012 Volumétrica		< 5,0 ± 12%	mg/L
Conductividad a 25°C	PE-A0032 Sonda Multiparamétrica	2600	954 ± 13%	µS/cm
pH	PE-A0032 Sonda Multiparamétrica	6,5-6,6	7,8 ± 0,1	U, pH
Temperatura	PE-A0015 Termometría		23,0	°C
Nitritos	PE-C0015 Espectrofotometría absorción	0,1	< 0,05 ± 13%	mg/L
Oxidabilidad	PE-A0005 Oxidabilidad Permanganato	5,0	0,4 ± 15%	mg O ₂ /L

DATOS GENERALES				
INFORME Nº: 866328				
ANÁLISIS Nº: 825940				
PARAMETROS	MÉTODOS	RD 140/2003	RESULTADOS	UNIDADES
Cationes Mayoritarias				
Sodio	PE-D0026 Metales ICP-MS	200	80,2 ± 12%	mg/L
Aniones				
Bromatos	PE-BV0007 HPLC-Conductividad	10	< 1,0 ± 23,9%	µg/L
Cloruros	PE-BV0001 HPLC-Conductividad	250	111,2 ± 15,0%	mg/L
Fluoruros	PE-BV0001 HPLC-Conductividad	1,5	0,245 ± 12,9%	mg/L
Nitratos	PE-BV0001 HPLC-Conductividad	50	15,4 ± 13,1%	mg/L
Sulfatos	PE-BV0001 HPLC-Conductividad	250	93,4 ± 13,1%	mg/L
Metales				
Aluminio	PE-D0026 Metales ICP-MS	200	4 ± 13%	µg/L
Antimonio	PE-D0026 Metales ICP-MS	5	< 2 ± 13%	µg/L
Arsénico	PE-D0026 Metales ICP-MS	10	< 2 ± 12%	µg/L
Boro	PE-D0026 Metales ICP-MS	1	0,062 ± 13%	mg/L
Cadmio	PE-D0026 Metales ICP-MS	5,0	< 1 ± 12%	µg/L
Color	PE-D0026 Metales ICP-MS	2,0	< 0,002 ± 12%	mg/L
Cromo	PE-D0026 Metales ICP-MS	50	< 2 ± 12%	ug/L
Hierro	PE-D0026 Metales ICP-MS	200	< 10 ± 12%	ug/L
Manganeso	PE-D0026 Metales ICP-MS	50	< 2 ± 12%	ug/L
Mercurio	PE-D0026 Metales ICP-MS	1,0	< 0,20 ± 13%	ug/L
Níquel	PE-D0026 Metales ICP-MS	20	< 2 ± 12%	ug/L
Plomo	PE-D0026 Metales ICP-MS	25	< 2 ± 12%	ug/L
Selenio	PE-D0026 Metales ICP-MS	10	< 2 ± 12%	ug/L
Compuestos orgánicos volátiles				
1,2-Dicloroetano	PE-BV0012 HRGC-MS	3	< 0,2 ± 27,1%	ug/L
Suma de Tricloroetano y Tetracloroetano	PE-BV0012 HRGC-MS	10	< 0,4	ug/L



Comenzamos analizando si el agua analizada es INCRUSTANTE o AGRESIVA

Para ello, utilizamos el ÍNDICE DE LANGELIER

$$I_{Lang} = pH_{real} - pH_{sat}$$

Según el análisis facilitado, el $pH_{real} = 7,8$. El pH_{sat} viene dado por :

$$pH_{sat} = pCa + pAlc + C(TDS, T^a)$$

Para obtener los valores de pCa y $pAlc$ debemos utilizar el diagrama de Langelier, para lo cual necesitamos obtener los mg/l de $CaCO_3$ tanto para el Ca^{2+} como para el HCO_3^-

$$meq/l = \frac{ppm}{P_{eq}} \quad P_{eq} = \frac{P_{ionico}}{Valencia} \quad \begin{array}{l} 10 \text{ mg/l } CaCO_3 = 0,2 \text{ meq/l} \\ 50 \text{ mg/l } CaCO_3 = 1 \text{ meq/l} \end{array}$$



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 3. Características fisicoquímicas del agua

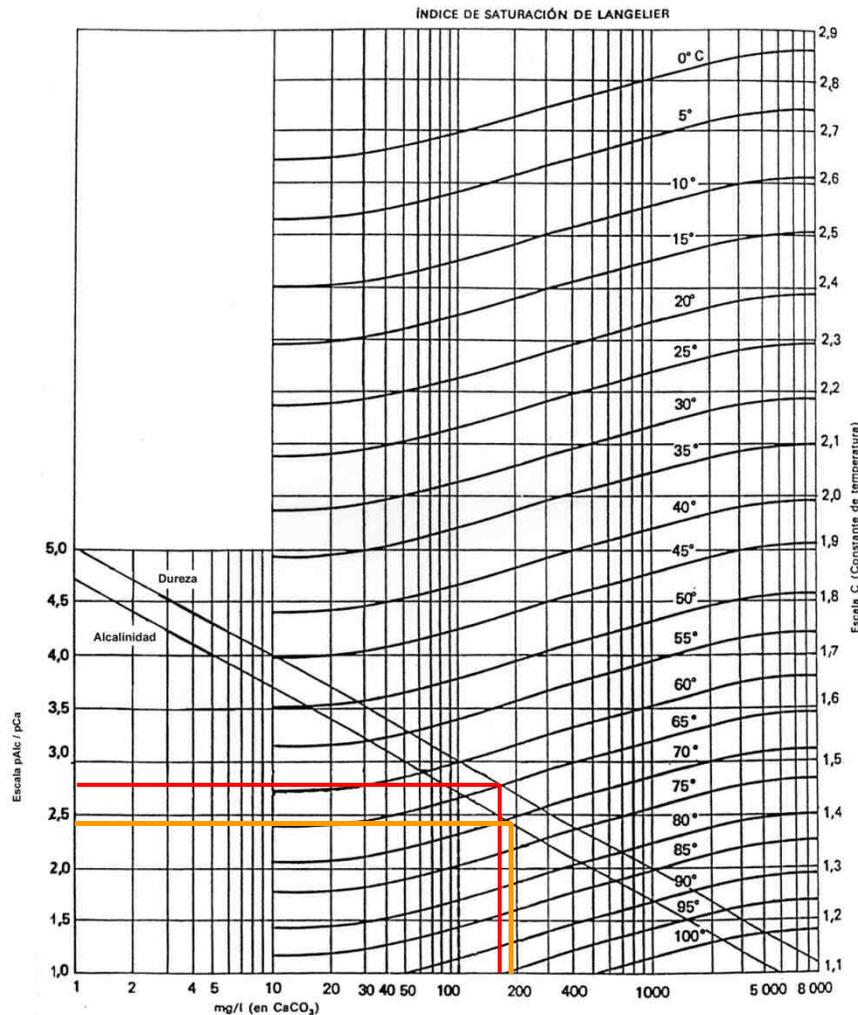


Diagrama de Langelier. Extraído de *Water Conditioning for Industry*, Sheppard T. Powell. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. 1954.

En el caso del Ca^{2+} (calcio):

$$P_{eq} = 40 / 2 = 20$$

$$\frac{71.4}{20} = 3,57 \text{ meq/l}$$
$$= 178,5 \text{ mg/l CaCO}_3$$

En el caso del HCO_3^- (bicarbonatos):

$$P_{eq} = (1 + 12 + 16 \cdot 3) / 1 = 61$$

$$\frac{236}{61} = 3,86 \text{ meq/l}$$
$$= 193,4 \text{ mg/l CaCO}_3$$

Entrando en el diagrama de Langelier:

$$pCa = 2,75$$

$$pAlc = 2,40$$



Tema 3. Características fisicoquímicas del agua



Los sólidos disueltos totales (TDS) los obtenemos como suma de los aniones y los cationes en meq/l.

Comenzamos con los ANIONES. Despreciamos los bromatos (BrO_3^-) dada su escasez en relación al resto de los componentes.

$$\text{Cloruros (Cl}^-) \rightarrow \frac{111,2}{35,45} = 3,13 \text{ meq/l}$$

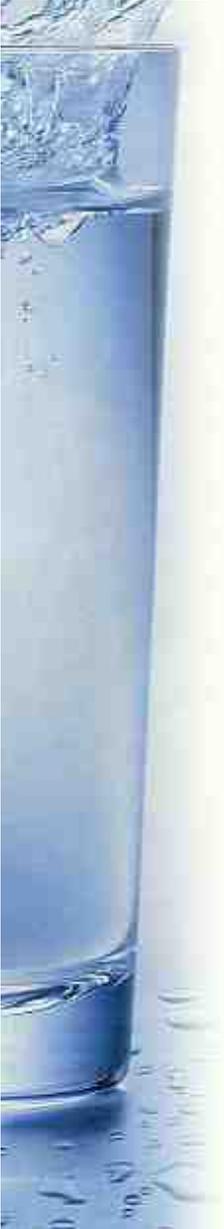
$$\text{Fluoruros (F}^-) \rightarrow \frac{0,248}{19} = 0,01 \text{ meq/l}$$

$$\text{Nitratos (NO}_3^-) \rightarrow \frac{15,4}{62} = 0,248 \text{ meq/l} \quad P_{\text{NO}_3^-} = 14 + 16 \cdot 3 = 62$$

$$\text{Sulfatos (SO}_4^{2-}) \rightarrow \frac{93,4}{96/2} = 1,945 \text{ meq/l} \quad P_{\text{SO}_4^{2-}} = 32 + 16 \cdot 4 = 96$$

$$\text{Carbonatos (CO}_3^{2-}) \rightarrow \frac{5}{30} = 0,166 \text{ meq/l} \quad P_{\text{CO}_3^{2-}} = 12 + 16 \cdot 3 = 60$$




$$\text{Bicarbonatos (HCO}_3^-) \rightarrow \frac{236}{61} = 3,868 \text{ meq/l} \quad P_{\text{HCO}_3^-} = 1 + 12 + 16 \cdot 3 = 61$$

Seguimos con los CATIONES. En este caso, comprobamos que no tenemos datos del magnesio, así que utilizaremos el balance iónico para obtenerlo:

$$\sum \text{Aniones (meq/l)} = \sum \text{Cationes (meq/l)}$$

$$\text{Sodio (Na}^+) \rightarrow \frac{50,2}{22,98} = 2,184 \text{ meq/l}$$

$$\text{Calcio (Ca}^{2+}) \rightarrow \frac{71,4}{40/2} = 3,57 \text{ meq/l}$$

$$9,367 = 5,75 + \text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Mg}^{2+} = 3,617 \text{ meq/l}$$

$$\frac{[\text{Mg}^{2+} \text{ en mg/l}]}{24,3/2} = 3,617 \rightarrow \text{Mg}^{2+} = 43,94 \text{ mg/l}$$



ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Tema 3. Características fisicoquímicas del agua

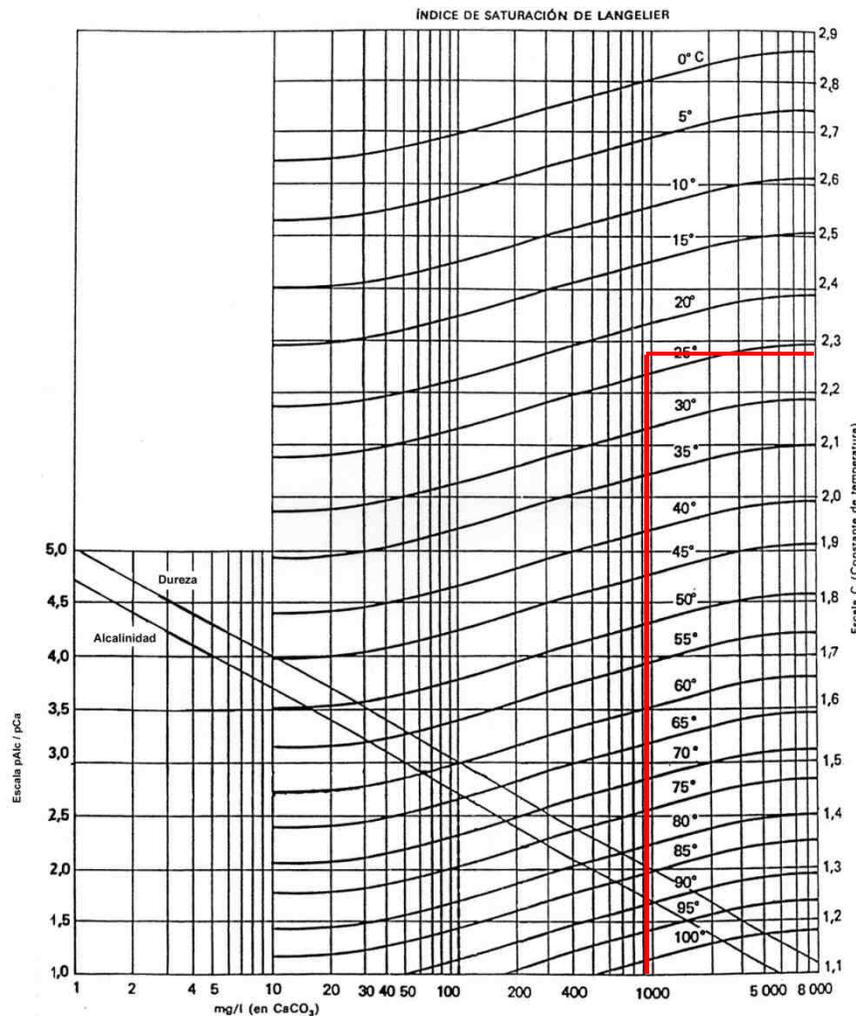


Diagrama de Langelier. Extraído de Water Conditioning for Industry, Sheppard T. Powell. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. 1954.

Obtenemos los TDS totales como suma de los aniones y los cationes:

$$\begin{aligned} TDS &= 9,367 + 9,367 \\ &= 18,734 \text{ meq/l} \\ &= 936,7 \text{ mg/l CaCO}_3 \end{aligned}$$

Entrando en el diagrama de Langelier con el valor de los TDS y la temperatura (23° C) obtenemos el valor de C:

$$C = 2,27$$



Obtenemos el valor del pH_{sat} : con el fin de poder calcular el índice de Langelier:

$$pH_{sat} = 2,75 + 2,40 + 2,27 = 7,42$$

$$I_{Lang} = 7,8 - 7,42 = 0,38 > 0$$

Por tanto, el agua es **INCRUSTANTE**

A continuación vamos a obtener la clasificación en función de la dureza aplicando la siguiente fórmula:

$$Dureza = \frac{Ca^{2+} (mg/l)}{P_{eq} Ca} + \frac{Mg^{2+} (mg/l)}{P_{eq} Mg}$$

$$D_t = \frac{71,4}{40/2} + \frac{43,94}{24,30/2} = 3,57 + 3,61 = 7,186 \text{ meq/l}$$



ABASTECIMIENTO DE AGUAS



Tema 3. Características fisicoquímicas del agua

Obtenemos el valor de la dureza en °F:

$$7,186 \text{ meq/l} = 359,3 \text{ mg/l CaCO}_3 = 35,93^\circ \text{ F}$$

La clasificación de la dureza se realiza en función de la escala de Merck:

Tipo de agua	°F
Muy blanda	< 7.9
Blandas	8 - 14.9
Semiduras	15 - 32.9
Duras	33 - 54.9
Muy duras	> 55

En este caso, el agua analizada es **DURA** (ya que $33 < 35,93^\circ \text{ F} < 54,9$)



Obtenemos el valor de los diferentes índices de estabilidad:

ÍNDICE DE LANGELIER GRÁFICO → 0,38

ÍNDICE DE LANGELIER SIMPLIFICADO → 0,35

ÍNDICE DE LANGELIER SM2330 → 0,53

Se verifica que el método gráfico utilizado en la resolución del ejercicio se encuentra en el entorno del índice de Langelier simplificado (LSI = 0,38)

De igual forma, se comprueba la variación en torno a 0,2 unidades entre el método simplificado y el SM2330.

En el aula virtual se puede encontrar una hoja de cálculo realizada por el Centro Canario del Agua en la que se recogen los resultados previamente indicados.

