

EJERCICIO 4.1

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

Tabla Periódica de los Elementos

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	H																	2
	¹ 0,0794																	He
2	3	4											5	6	7	8	9	10
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
	6,941	9,0122											10,811	12,0107	14,0067	15,9994	18,9984	20,1797
3	11	12											13	14	15	16	17	18
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
	22,9898	24,3050											26,9815	28,0855	30,9738	32,066	35,4527	39,94
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	39,0983	40,078	44,9559	47,867	50,9415	51,9961	54,9380	55,845	58,9332	58,6934	63,546	65,39	69,723	72,61	74,9216	78,96	79,904	83,80
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
	85,4678	87,62	88,9059	91,224	92,9064	95,94	(98,9063)	101,07	102,905	106,42	107,8682	112,411	114,818	118,710	121,760	127,60	126,9045	131,29
6	55	56	57 *	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
	132,905	137,327	138,906	178,49	180,948	183,84	186,207	190,23	192,217	195,078	196,967	200,59	204,383	207,2	208,980	(208,98)	(209,99)	(222,02)
7	87	88	89 *	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uub	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
	(223,02)	(226,03)	(227,03)	(261,11)	(262,11)	(263,12)	(264,12)	(265,13)	(268)	(269)	(272)	(277)	()	(285)	()	(289)	()	(293)

Capítulo 3. POTABILIZACIÓN DE AGUAS

Tema 4. Características fisicoquímicas del agua



DATOS GENERALES				
INFORME Nº: 66628				
ANÁLISIS Nº: 625940				
MUESTRA REMITIDA POR: A.M.A.E.M. (PETRER- AGUAS POTABLES)				
DOMICILIO: C/ ALONIA, 31				
POBLACIÓN: 03007-ALICANTE				
DENOMINACIÓN MUESTRA: Depósito de Aguas I				
DESCRIPCIÓN MUESTRA: Envase de plástico de 500 mL(1), Envase de plástico estéril de 500 mL(1), Envase de vidrio tapado 250mL (Tiosulfato sodico)(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: 23/09/2009				
FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN: 21/10/2009				
PARÁMETROS	MÉTODOS	RD 140/2003	RESULTADOS	UNIDADES
Caracteres organolépticos				
Color	PE-A/0032 Sonda Multiparamétrica	15	< 1.0 ±15%	mg/L Pt/Co
°Olor	PE-A/0014 Dilución	3 a 25°C	1	Ind. de dil.
°Sabor	PE-A/0015 Dilución	3 a 25 °C	1	Ind. de dil.
Turbidez	PE-A/0032 Sonda Multiparamétrica	1	0.14 ±14%	UNF
Caracteres Fisico-Químicos				
Amonio	PE-C/0012 Espectrofotometría absorción	0.5	< 0.10 ±12%	mg/L
Carbono orgánico total	Combustión IR, PE-F/0001		0.8 ±15%	mg/L
Cianuros totales	PE-F/0057, SPA	50	<5 ±18 %	µg/L
Cloro residual combinado	PE-C/0018 Espectrofotometría absorción		< 0.05 ±17%	mg/L
Cloro residual libre	PE-C/0018 Espectrofotometría absorción		0.87 ±17%	mg/L
Índice de Langelier	FD044, índice de Langelier		--	--
Bicarbonatos	PE-A/0012 Volumetría		236.0 ±12%	mg/L
Calcio	PE-C/0026 Metales ICP-MS		71.4 ±12%	mg/L
Carbonatos	PE-A/0012 Volumetría		< 5.0 ±12%	mg/L
Conductividad a 20°C	PE-A/0032 Sonda Multiparamétrica	2500	954 ±13%	µS/cm
pH	PE-A/0032 Sonda Multiparamétrica	6.9-9.5	7.8 ±0.1	U, pH
*Temperatura	PE-A/0016 Termometría		23.0	°C
Nitritos	PE-C/0010 Espectrofotometría absorción	0.1	< 0.05 ±13%	mg/L
Oxidabilidad	PE-A/0008 Oxidabilidad Permanganato	5.0	0.4 ±15%	mg O ₂ /L

Informe emitido por: LABAQUA, S.A. C/ Draona, 16-19. Pol. Ind. Las Abayues 03114 ALICANTE - Tel. 965 10 60 70 - Fax 965 10 90 90

Página 1 de 5

DATOS GENERALES				
INFORME Nº: 66628				
ANÁLISIS Nº: 625940				
PARÁMETROS	MÉTODOS	RD 140/2003	RESULTADOS	UNIDADES
Cationes Mayoritarios				
Sodio	PE-C/0026 Metales ICP-MS	200	50.2 ±12%	mg/L
Aniones				
Bromatos	PE-B/0037 HPLC-Conductividad	10	< 10 ±23.9%	µg/L
Cloruros	PE-B/0001 HPLC-Conductividad	250	111.2 ±13.0%	mg/L
Fluoruros	PE-B/0001 HPLC-Conductividad	1.5	0.248 ±12.9%	mg/L
Nitratos	PE-B/0001 HPLC-Conductividad	50	15.4 ±13.1%	mg/L
Sulfatos	PE-B/0001 HPLC-Conductividad	250	93.4 ±13.1%	mg/L
Metales				
Aluminio	PE-C/0026 Metales ICP-MS	200	4 ±13%	µg/L
Antimonio	PE-C/0026 Metales ICP-MS	5	< 2 ±13%	µg/L
Arsénico	PE-C/0026 Metales ICP-MS	10	< 2 ±12%	µg/L
Boro	PE-C/0026 Metales ICP-MS	1	0.062 ±13%	mg/L
Cadmio	PE-C/0026 Metales ICP-MS	5.0	< 1 ±12%	µg/L
Cobre	PE-C/0026 Metales ICP-MS	2.0	< 0.002 ±12%	mg/L
Cromo	PE-C/0026 Metales ICP-MS	50	< 2 ±12%	µg/L
Hierro	PE-C/0026 Metales ICP-MS	200	< 10 ±12%	µg/L
Manganeso	PE-C/0026 Metales ICP-MS	50	< 2 ±12%	µg/L
Mercurio	PE-C/0026 Metales ICP-MS	1.0	< 0.20 ±13%	µg/L
Níquel	PE-C/0026 Metales ICP-MS	20	< 2 ±12%	µg/L
Plomo	PE-C/0026 Metales ICP-MS	25	< 2 ±12%	µg/L
Selenio	PE-C/0026 Metales ICP-MS	10	< 2 ±12%	µg/L
Compuestos orgánicos volátiles				
1,2-Dicloroetano	PE-B/0012 HRGC-MS	3	< 0.2 ±27.1 %	µg/L
Suma de Tricloroetano y Tetracloroetano	PE-B/0012 HRGC-MS	10	< 0.4	µg/L

Informe emitido por: LABAQUA, S.A. C/ Draona, 16-19. Pol. Ind. Las Abayues 03114 ALICANTE - Tel. 965 10 60 70 - Fax 965 10 90 90

Página 2 de 5

Comenzamos analizando si el agua analizada es INCRUSTANTE o AGRESIVA

Para ello, utilizamos el ÍNDICE DE LANGEIER

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

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^-

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

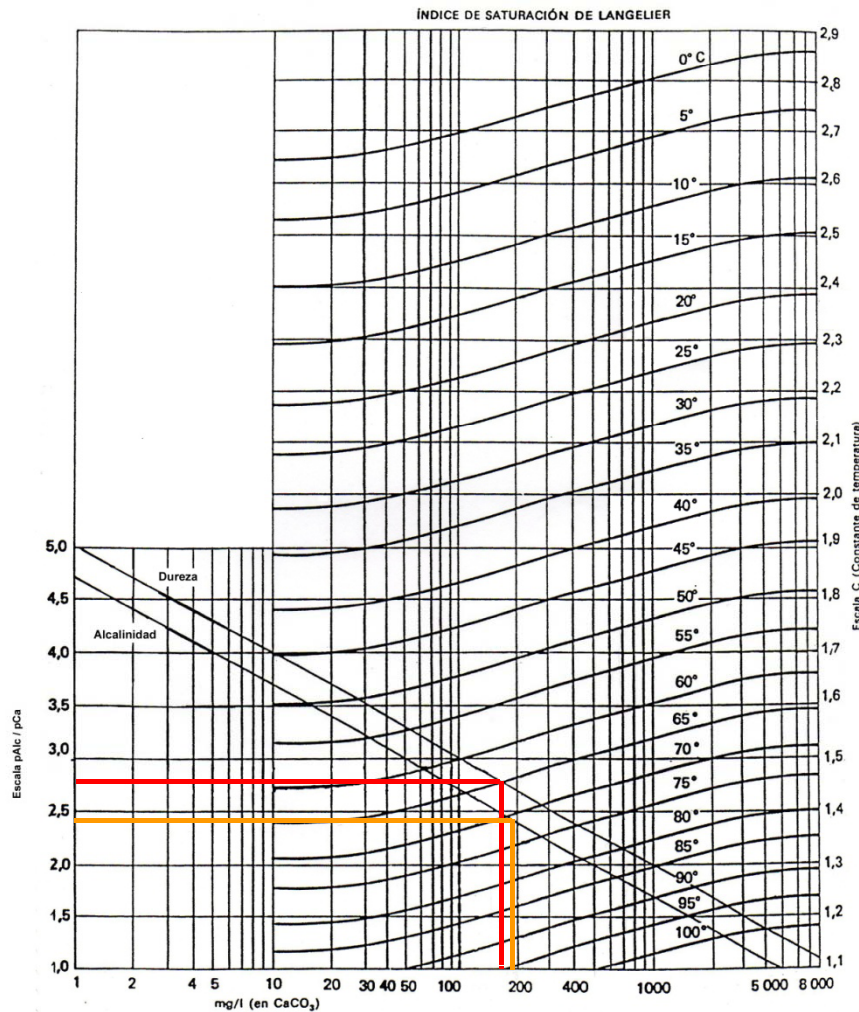


Diagrama de Langelier. Extraído de Water Conditioning for Industry.
Sheppard T. Powell. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. 1954.

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:

$$pCa = 2,75$$

$$pAlc = 2,40$$



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:

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

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

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

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

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

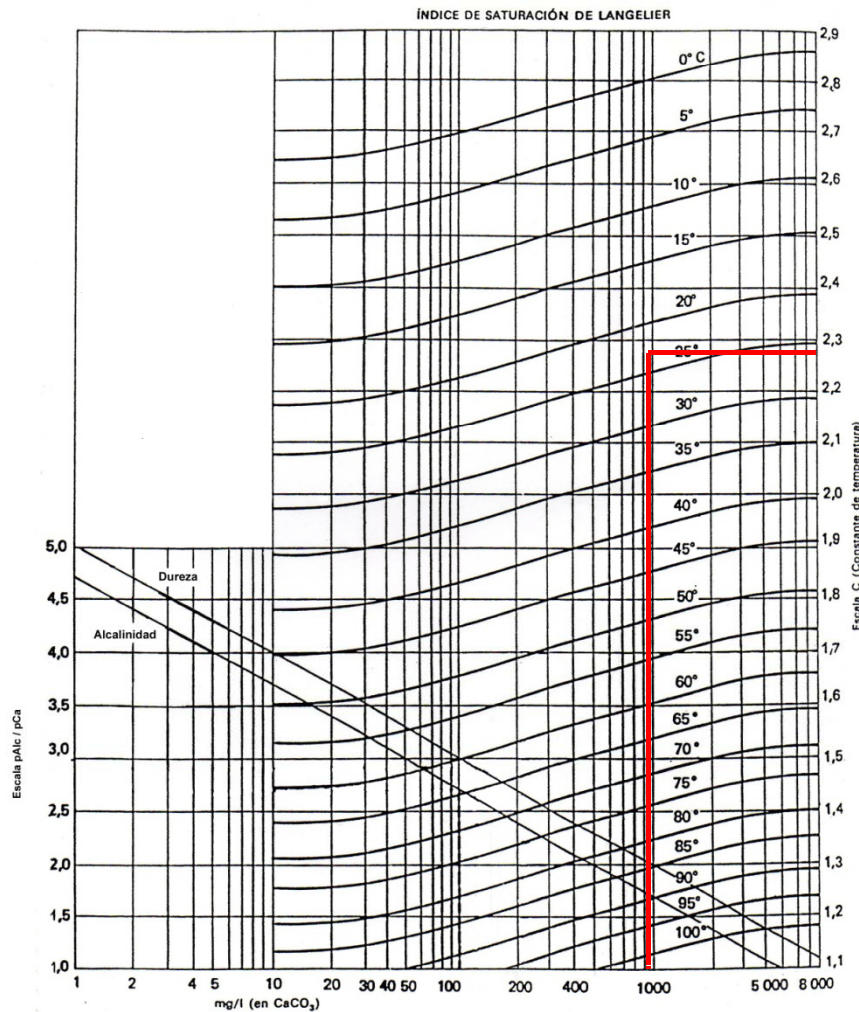


Diagrama de Langelier. Extraído de Water Conditioning for Industry.
Sheppard T. Powell. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. 1954.

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

$$TDS = 9,367 + 9,367$$

$$= 18,734 \text{ meq/l}$$

$$= 936,7 \text{ mg/l } \text{CaCO}_3$$

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:

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

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



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 $33 < 35,93^\circ \text{F} < 54,9$)