

Nombre:

Número de matrícula:

- sólo una respuesta es correcta
- las respuestas incorrectas no restan puntos
- usar por favor bolígrafo, pluma o rotulador
- usar estas mismas hojas para hacer los cálculos
- 60 min, 0.5 puntos cada problema

Las soluciones aparecerán en AulaWeb dentro de los dos días hábiles siguientes a la finalización de la prueba.

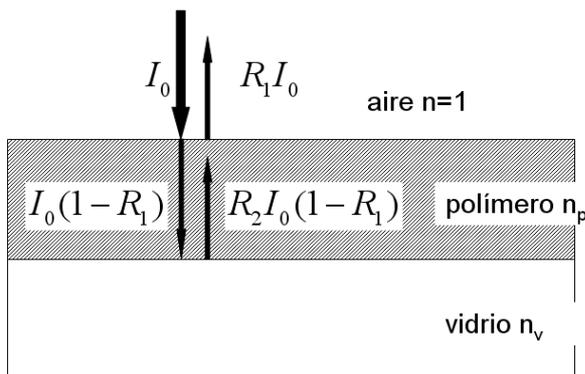
1. Una superficie de vidrio de alto contenido en plomo ($n_v = 1.5$) está recubierta por una película de un material polimérico transparente. ¿Cuál es el índice de refracción n_p de la película de polímero si se refleja prácticamente la misma cantidad de luz en la primera interfaz (aire / película de polímero), que en la segunda (película de polímero / vidrio)?. Suponer que la absorción en la capa polimérica es nula.

- 1.411
- 1.340
- 1.095
- 1.572
- 1.224
- ninguna de las anteriores, la respuesta correcta es:



▣ Sol.: la reflectividad en cada interfaz está dada por:

$$R_1 = \left(\frac{n_p - 1}{n_p + 1} \right)^2 \qquad R_2 = \left(\frac{n_v - n_p}{n_v + n_p} \right)^2$$



Puesto que la intensidad que se refleja en ambas interfaces es igual, debe cumplirse:

$$I_0 \left(\frac{n_p - 1}{n_p + 1} \right)^2 = I_0 \left[1 - \left(\frac{n_p - 1}{n_p + 1} \right)^2 \right] \left(\frac{n_v - n_p}{n_v + n_p} \right)^2$$

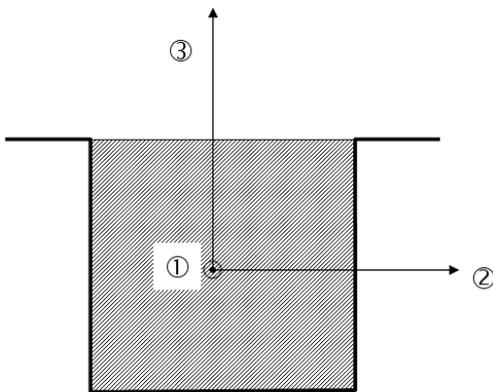
que es una ecuación en n_p . Resolviéndola (p.ej. por Newton-Raphson):

$n_p = 1.224$



2. Una fibra de un material isótropo de módulo de Young E y relación de Poisson ν positiva se somete a un esfuerzo de compresión uniaxial τ_3 a lo largo del eje de la fibra. Si la muestra está confinada de forma que no puede deformarse transversalmente (lateralmente), la deformación axial es:

- $\varepsilon_3 = \frac{\tau_3}{E} \left(1 - \frac{\nu}{1-\nu} \right)$
- $\varepsilon_3 = \frac{\tau_3}{E} \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-2\nu} \right)$
- $\varepsilon_3 = \frac{\tau_3}{E} \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu} \right)$
- $\varepsilon_3 = \frac{\tau_3}{E} \left(1 - \frac{\nu}{2-\nu} \right)$
- $\varepsilon_3 = \frac{\tau_3}{E} \left(1 - \frac{2\nu^2}{2-\nu} \right)$
- ninguna de las anteriores, la respuesta correcta es :



$$\left. \begin{aligned} 0 = \varepsilon_1 &= \frac{\tau_1}{E} - \frac{\nu}{E} \tau_2 - \frac{\nu}{E} \tau_3 \\ 0 = \varepsilon_2 &= -\frac{\nu}{E} \tau_1 + \frac{\tau_2}{E} - \frac{\nu}{E} \tau_3 \end{aligned} \right\} \tau_1 = \tau_2 \Rightarrow \tau_3 = \tau_1 \frac{1-\nu}{\nu}$$

$$\varepsilon_3 = -\frac{\nu}{E} \tau_1 - \frac{\nu}{E} \tau_2 + \frac{\tau_3}{E} = -2 \frac{\nu}{E} \frac{1-\nu}{\nu} \tau_3 + \frac{\tau_3}{E} = \frac{\tau_3}{E} \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu} \right)$$





3. Se sabe que un copolímero alternado tiene un peso molecular medio numérico de $M_n = 100000$ kg/kmol y un grado de polimerización medio numérico $n = 1105$. Si una unidad monomérica es el etileno, ¿cuál es la otra unidad monomérica?:

- estireno
- propileno
- tetrafluoretileno
- cloruro de vinilo
- acetato de vinilo
- butadieno



Sol.: la masa molecular del etileno y de los otros monómeros son:

$$M_{wH} = 1 \quad M_{wC} = 12 \quad M_{wF} = 19 \quad M_{wCl} = 35.5 \quad M_{wO} = 16$$

$$M_{wEtileno} = 2 \cdot M_{wC} + 4 \cdot M_{wH} \quad M_{wEtileno} = 28 \quad \text{kg/kmol}$$

$$M_{wEstireno} = 8 \cdot M_{wC} + 8 \cdot M_{wH} \quad M_{wEstireno} = 104 \quad \text{kg/kmol}$$

$$M_{wPropileno} = 3 \cdot M_{wC} + 6 \cdot M_{wH} \quad M_{wPropileno} = 42 \quad \text{kg/kmol}$$

$$M_{wTetrafluoretileno} = 2 \cdot M_{wC} + 4 \cdot M_{wF} \quad M_{wTetrafluoretileno} = 100 \quad \text{kg/kmol}$$

$$M_{wCloruro_vinilo} = 2 \cdot M_{wC} + 3 \cdot M_{wH} + M_{wCl} \quad M_{wCloruro_vinilo} = 62.5 \quad \text{kg/kmol}$$

$$M_{wAcetato_vinilo} = 4 \cdot M_{wC} + 6 \cdot M_{wH} + 2M_{wO} \quad M_{wAcetato_vinilo} = 86 \quad \text{kg/kmol}$$

La masa molecular del co-monómero se obtiene de:
$$X = \frac{M_n}{n} - 28 \quad X = 62.498 \quad \text{kg/kmol}$$



Y el co-monómero buscado es el que tiene ese peso molecular X. Por tanto:

Cloruro de vinilo



4. La clase cristalográfica de una red HCP (hexagonal compacta) es

- 622
- $6mm$
- $4mm$
- $6/mm$
- $6/mmm$
- ninguna de las anteriores. la respuesta correcta es :



Sol: la respuesta correcta es:

$\bar{6}m2$



5. Dados los coeficientes de expansión térmica α_{ij} de la circonia tetragonal, y sabiendo que el coeficiente de expansión volumétrica de un material está definido como el cociente del incremento fraccional de volumen y

el incremento de temperatura: $\frac{\Delta V}{V}$, el coeficiente de expansión volumétrica de la circonia tetragonal es:

- $3\alpha_{11}$
- $\alpha_{11} + \alpha_{33}$
- $\alpha_{11} + 2\alpha_{33}$
- $3(\alpha_{11} + \alpha_{33})$
- α_{11}^3
- ninguna de las anteriores. La respuesta correcta es :



Sol.: ver problema 08_08_02 y estructuras de propiedades de segundo orden en 02_01_02. Para todas las clases tetragonales, hay sólo dos coeficientes diferentes a_{11} ($a_{22} = a_{11}$) y a_{33} con lo que resulta:

$2\alpha_{11} + \alpha_{33}$ o bien $2\alpha_{22} + \alpha_{33}$



6. Los hidrogeles de silicona suponen la última revolución en ingeniería de materiales para lentes de contacto. Considerando que la concentración de oxígeno en la superficie de la lentilla es de un $y_s = 21\%$ en volumen y el espesor de la lente de contacto $h = 0.07\text{mm}$, determinar la concentración de oxígeno (% en volumen) que llega a la córnea al cabo de $t = 1\text{s}$ de colocarse la lentilla sobre el ojo. Datos:

$D_{\text{O}_2\text{-hidrogel}} = 4.06 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. Considerar la lente de contacto como un medio semiinfinito exento inicialmente de oxígeno.

- 8.42%
- 6.6%
- 9.18%
- 1.27%
- 0.22%
- ninguna de las anteriores. La respuesta correcta es:



Sol: a partir de la ecuación de perfil de concentraciones:

$$\frac{y_s - y_x}{y_s - y_0} = \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) = \operatorname{erf} Z$$

se despeja la única incógnita que es la concentración de oxígeno en la córnea:

$$y_x = \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{h \cdot 10^{-3}}{2\sqrt{D_{O_2_hidrogel} \cdot t}}\right)\right) \cdot y_s$$

$$y_x = 9.183 \quad \% \text{ en volumen}$$



7. Calcular el factor de empaquetamiento iónico del SrXO_3 que tiene estructura cúbica tipo perovskita, donde "X" es un metal de transición, y sabiendo que el ion X^{+4} está en contacto con los contraiones con los que se coordina. El radio iónico de X es: $r_X = 0.084 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.

- 0.764
- 0.566
- 0.496
- 0.640
- 0.632
- ninguna de las anteriores; la respuesta correcta es:



Sol.: en la estructura cúbica de la perovskita (ver 08_01_01) el ion X^{+4} se encuentra en el centro de la celda y los contraiones (oxígeno) a los que es tangente están en los centros de las caras. Por tanto, la arista de la celda cúbica es:

$$r_{\text{Sr}} = 0.127 \cdot 10^{-9} \text{ m} \quad r_{\text{O}} = 0.132 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

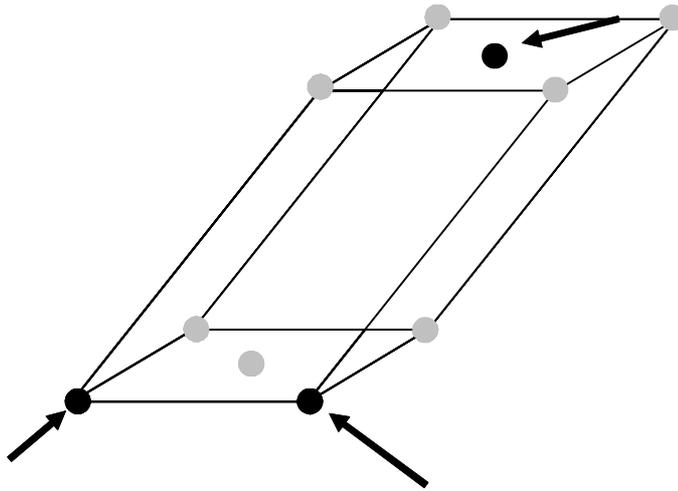
$$a = 2 \cdot (r_X + r_{\text{O}}) \quad a = 4.32 \times 10^{-10} \text{ m}$$

La celda contiene $n_{\text{Sr}} = 8 \cdot \frac{1}{8}$ iones Sr^{+2} , $n_X = 1$ iones de X^{+4} y $n_{\text{O}} = 6 \cdot \frac{1}{2}$ iones de oxígeno. El factor de empaquetamiento iónico es por tanto:

$$\frac{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (n_{\text{Sr}} \cdot r_{\text{Sr}}^3 + n_{\text{O}} \cdot r_{\text{O}}^3 + n_X \cdot r_X^3)}{a^3} = 0.496$$



8. Determinar los índices de Miller del plano cristalográfico que contiene los átomos marcados con flechas en la estructura monoclinica centrada en las bases



- $(1\ 2\ \bar{1})$
- $(1\ \bar{2}\ \bar{1})$
- $(2\ 2\ 1)$
- $(1\ 3\ \bar{1})$
- $(\bar{1}\ 0\ \bar{1})$
- ninguna de las anteriores. La respuesta correcta es :



Sol: las intersecciones del plano con los ejes son:
por tanto los índices de Miller son:

$$\infty, \frac{-1}{2}, 1$$

$$(\bar{0}\ \bar{2}\ 1)$$

Observad que se coloca el eje cristalográfico "y" paralelo al eje de rotación binario característico del sistema monoclinico, de acuerdo con lo explicado en la diapositiva 22 del fichero 03_01_01.pdf, y que corrige una errata en el libro de texto. Poner como solución (201) sería pues incorrecto.



Problema 1

Un polímero piezoeléctrico tiene morfología semicristalina. Para su uso como sensor piezoeléctrico de aceleración (acelerómetro) en un vehículo, es preciso polarizarlo primero, sometiéndolo a un campo eléctrico entre las caras A, como se indica en la parte izquierda de la figura .

De la lámina polarizada se corta un cubo de manera que sus caras A, B y C sean respectivamente paralelas a las caras A, B y C de la lámina (parte central de la figura).

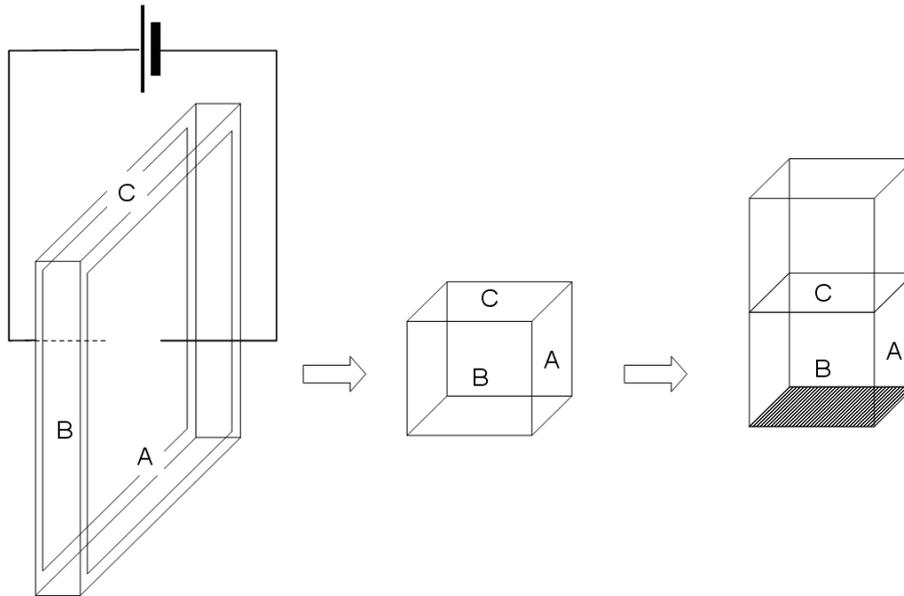
Finalmente se adhiere rígidamente al vehículo por la cara sombreada en la parte derecha de la figura, y sobre el sensor se coloca otro cubo de las mismas dimensiones de un metal de alta densidad, que actúa como masa inerte (está aislado eléctricamente del sensor), y cuya única función es aumentar la respuesta del sensor.

Se desea que el sensor reaccione a aceleraciones perpendiculares a la cara C.

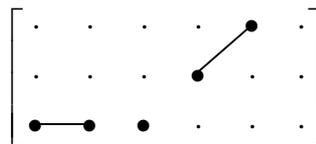
En función de las propiedades físicas, geometría, y demás variables que se consideren necesarias,

- determinar entre qué caras (A, B o C) se debe medir la señal,
- calcular la respuesta eléctrica (diferencia de potencial ΔV ; sólo el valor, el signo no es necesario) que da el sensor.
- Enumerar las variables usadas (y sólo las usadas) en la expresión anterior junto con sus unidades en el SI continuando la tabla que se adjunta.

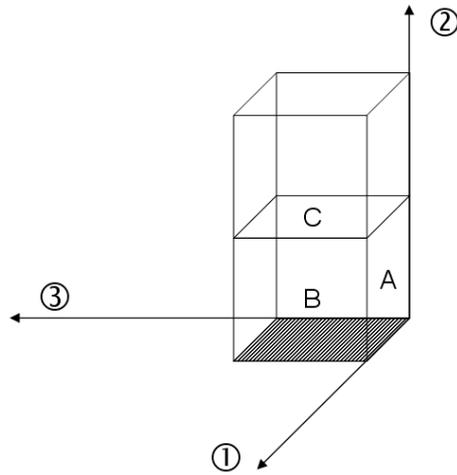
(3 puntos, 30 minutos)



Sol.: el piezoeléctrico se polariza en la dirección del campo eléctrico al que se somete. Esta dirección es un eje de orden ∞ y el material pertenece a la clase ∞m (ver 03_01_01 y 02_01_02). Por tanto la estructura de sus módulos piezoeléctricos es:



Para esta clase, el eje de orden ∞ es el de la dirección de polarización, unos ejes convencionales cartesianos en los que es válida esta estructura son por tanto:



(u otros cualesquiera rotados en torno al eje 3).

Una aceleración en la dirección perpendicular a las caras C produce por tanto un esfuerzo (tensión mecánica) longitudinal τ_2 (en notación de Voigt). Al aplicar la ley constitutiva del efecto piezoeléctrico directo:

$$\vec{P} = \tilde{d} \cdot \vec{\tau}$$

Es decir, aparece una polarización eléctrica en dirección 3, y la señal se debe medir entre las caras A

$$\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix}$$

La magnitud de la señal se obtiene igual que en el problema 08_06_02, en el prob. 2 de febrero de 2003, junio de 2006, etc, con la única modificación de que a la masa del sensor hay que sumarle la masa inerte:

$$P_3 = d_{31} \tau_2 = d_{31} \frac{L^3 (\rho_P + \rho_M) a}{L^2}$$

$$p_3 = L^3 P_3 = d_{31} L^4 (\rho_P + \rho_M) a = QL = C \Delta VL = \kappa \epsilon_0 \frac{L^2}{L} \Delta VL$$

de donde se obtiene la señal:

$$\Delta V = \frac{d_{31} L^2 (\rho_P + \rho_M) a}{\kappa \epsilon_0}$$

Propiedad / magnitud	Símbolo	Unidades (SI)
densidad del polímero	ρ_P	kg/m ³
densidad del metal	ρ_M	kg/m ³
señal (diferencia de potencial)	ΔV	V
módulo piezoeléctrico	d_{31}	C/N
arista del cubo	L	m
aceleración	a	m/s ²
constante dieléctrica del sensor	κ	-
permitividad dieléctrica del vacío	ϵ_0	F/m

Análogamente, una aceleración en la dirección perpendicular a las caras A produce por tanto un esfuerzo (tensión mecánica) cortante τ_4 (en notación de Voigt). Al aplicar la ley constitutiva del efecto piezoeléctrico directo resulta:

$$P_2 = d_{24}\tau_4 = d_{24} \frac{L^3(\rho_P + \rho_M)a}{L^2}$$

$$p_2 = L^3 P_2 = d_{24}L^4(\rho_P + \rho_M)a = QL = C\Delta VL = \kappa\epsilon_0 \frac{L^2}{L} \Delta VL$$

de donde se obtiene la señal que hay que medir entre las caras C:

$$\Delta V = \frac{d_{24}L^2(\rho_P + \rho_M)a}{\kappa\epsilon_0}$$

Una aceleración en la dirección perpendicular a las caras B produce un esfuerzo (tensión mecánica) cortante τ_6 (en notación de Voigt). Al aplicar la ley constitutiva del efecto piezoeléctrico directo resulta:

$$P_1 = P_2 = P_3 = 0$$

y el sensor no produce ninguna señal:

$$\Delta V = 0$$



Problema 2

Se desea obtener un clinker de cemento Portland (P) a partir de las siguientes materias primas: a) carbonato cálcico (caliza) CaCO_3 que por descomposición térmica en el horno $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ produce CaO (A), y

b) una mezcla de dos arcillas: pirofilita $4\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (**E**) y caolinita $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (**F**), que en el horno pierden completamente el agua estructural.

Este clinker se aplica mezclándolo con agua, con lo cual tienen lugar las reacciones de fraguado (reacciones de hidratación). Terminado el fraguado, las sales hidratadas responsables de la resistencia del cemento son la sal de tobermorita $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (**T**), y el aluminato tetracálcico $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ (**L**).

Se especifica que la mezcla de arcillas **M** (antes de la calcinación) tenga un precio de $S_1 = 50\text{€}/\text{m}^3$.

Determinar:

- la composición de P (% máxicos de CaO, Al_2O_3 y SiO_2).
- qué cantidades (kg) de T y L se obtienen al fraguar $P = 1\text{ kg}$ de P.
- qué cantidad (kg) de agua de hidratación contienen las sales del apartado anterior por kg de P.

Datos:

precios de E y F: $p_E = 35\text{€}/\text{m}^3$ de E, $p_F = 78\text{€}/\text{m}^3$ de F.

densidades de E y F: $\rho_E = 2900\text{ kg}/\text{m}^3$, $\rho_F = 2600\text{ kg}/\text{m}^3$.

(este problema puede resolverse bien analíticamente o bien con ayuda de un diagrama triangular. En caso de usar el diagrama triangular, entregadlo por favor junto con el resto de las hojas y poned nombre y nº de matrícula claramente en el mismo).

(3 puntos, 50 minutos)



Solución: $M_{w_{\text{Si}}} = 28.09$, $M_{w_{\text{O}}} = 16.00$, $M_{w_{\text{Ca}}} = 40.08$, $M_{w_{\text{Al}}} = 26.98$, $M_{w_{\text{H}}} = 1.01$, $M_{w_{\text{Carb}}} = 12.01$

Para los cálculos (en base seca) consideramos los componentes CaO (**A**), Al_2O_3 (**B**), SiO_2 (**C**).

$$M_{w_A} = M_{w_{\text{Ca}}} + M_{w_{\text{O}}}$$

$$M_{w_B} = 2M_{w_{\text{Al}}} + 3M_{w_{\text{O}}}$$

$$M_{w_C} = M_{w_{\text{Si}}} + 2M_{w_{\text{O}}}$$

$$M_{w_A} = 56.08 \text{ kg}/\text{kmol A}$$

$$M_{w_B} = 101.96 \text{ kg}/\text{kmol B}$$

$$M_{w_C} = 60.09 \text{ kg}/\text{kmol C}$$

$$M_{w_{\text{Agua}}} = 2M_{w_{\text{H}}} + M_{w_{\text{O}}}$$

$$M_{w_{\text{Agua}}} = 18.02 \text{ kg}/\text{kmol Agua}$$

$$M_{w_E} = 4M_{w_C} + M_{w_B} + M_{w_{\text{Agua}}}$$

$$M_{w_F} = 2M_{w_C} + M_{w_B} + 2M_{w_{\text{Agua}}}$$

$$M_{w_E} = 360.34 \text{ kg}/\text{kmol E}$$

$$M_{w_F} = 258.18 \text{ kg}/\text{kmol F}$$

$$Mw_{E_seco} = 4Mw_C + Mw_B$$

$$Mw_{F_seco} = 2Mw_C + Mw_B$$

$$Mw_{E_seco} = 342.32 \quad \text{kg/kmol E}$$

$$Mw_{F_seco} = 222.14 \quad \text{kg/kmol F}$$

$$Mw_L = 4Mw_A + Mw_B + 13Mw_{Agua}$$

$$Mw_T = 3Mw_A + 2Mw_C + 3Mw_{Agua}$$

$$Mw_L = 560.54 \quad \text{kg/kmol L}$$

$$Mw_T = 342.48 \quad \text{kg/kmol T}$$

$$Mw_{L_seco} = 4Mw_A + Mw_B$$

$$Mw_{T_seco} = 3Mw_A + 2Mw_C$$

$$Mw_{L_seco} = 326.28 \quad \text{kg/kmol L seco}$$

$$Mw_{T_seco} = 288.42 \quad \text{kg/kmol T seco}$$

Para cumplir la especificación de precios, la mezcla de arcillas debe tener una composición volumétrica:

$$S_1 = V_E \cdot \rho_E + (1 - V_E) \cdot \rho_F$$

$$V_E = \frac{S_1 - \rho_F}{\rho_E - \rho_F} \quad V_F = 1 - V_E$$

$$V_E = 0.651 \quad \text{m}^3 \text{ de E / m}^3 \text{ de mezcla}$$

$$V_F = 0.349 \quad \text{m}^3 \text{ de F / m}^3 \text{ de mezcla}$$

Estas composiciones volumétricas se transforman en fracciones másicas para usarlas en el diagrama triangular en fracciones másicas:

$$x_E = \frac{V_E \cdot \rho_E}{V_E \cdot \rho_E + V_F \cdot \rho_F} \quad x_F = 1 - x_E$$

$$x_E = 0.676 \quad \text{kg de E / kg de mezcla M}$$

$$x_F = 0.324 \quad \text{kg de F / kg de mezcla M}$$

En términos de los componentes básicos A, B y C, la composición de la mezcla de arcillas es:

$$xM_A = 0 \quad xM_B = \frac{\frac{x_E}{Mw_E} \cdot 1 \cdot Mw_B + \frac{x_F}{Mw_F} \cdot 1 \cdot Mw_B}{\frac{x_E}{Mw_E} \cdot 1 \cdot Mw_B + \frac{x_F}{Mw_F} \cdot 1 \cdot Mw_B + \left(\frac{x_E}{Mw_E} \cdot 4 \cdot Mw_C + \frac{x_F}{Mw_F} \cdot 2 \cdot Mw_C \right)}$$

$$xM_C = 1 - xM_A - xM_B$$

$$xM_A = 0$$

$$xM_B = 0.347$$

$$xM_C = 0.653$$

El clinker se obtiene por tanto mezclando el punto M con A puro, es decir, debe estar sobre la línea AM. Por otro lado, puesto que al fraguar P produce T y L, debe de estar sobre la recta que une T(seco) y L (seco). Las composiciones de T seco y L seco en porcentajes másicos son:

$$xT_{SA} = \frac{3 \cdot Mw_A}{3 \cdot Mw_A + 2 \cdot Mw_C}$$

$$xT_{SB} = 0$$

$$xT_{SC} = 1 - xT_{SA} - xT_{SB}$$

$$xTs_A = 0.583$$

$$xTs_B = 0$$

$$xTs_C = 0.417$$

$$xLs_A = \frac{4 \cdot Mw_A}{4 \cdot Mw_A + Mw_B}$$

$$xLs_C = 0$$

$$xLs_B = 1 - xLs_A - xLs_C$$

$$xLs_A = 0.688$$

$$xLs_C = 0$$

$$xLs_B = 0.312$$

1ª variante (analítica):

La composición en peso del punto P es desconocida (dos incógnitas), y también son incógnitas las cantidades de A y M que se requieren (dos incógnitas). Se pueden obtener de cuatro ecuaciones que expresan el balance de A y de B al mezclar A con M para dar P, y al separar P en Ls y Ts (L seco y T seco).

Balance de A:

$$xP_A = A + (1 - A) \cdot xM_A$$

$$xP_A = Ls \cdot xLs_A + (1 - Ls) \cdot xTs_A$$

Balance de B:

$$xP_B = (1 - A) \cdot xM_B$$

$$xP_B = Ls \cdot xLs_B + (1 - Ls) \cdot xTs_B$$

Las cantidades de A, M, L seco y T seco, y la composición de P en porcentajes máxicos son por tanto:

$$A = 0.626$$

$$Ls = 0.414$$

$$M = 0.374$$

$$Ts = 0.586$$

$$100xP_A = 62.649 \%$$

$$100xP_B = 12.949 \%$$

$$100xP_C = 24.401 \%$$

Comprobación de los balances de A, B y C, y de los balances de masa totales:

Separación en Ls y Ts:

Mezcla de A y M:

Producto P:

$$Ls \cdot xLs_A + Ts \cdot xTs_A = 0.626$$

$$M \cdot xM_A + A = 0.626$$

$$xP_A = 0.626$$

$$Ls \cdot xLs_B + Ts \cdot xTs_B = 0.129$$

$$M \cdot xM_B = 0.129$$

$$xP_B = 0.129$$

$$Ls \cdot xLs_C + Ts \cdot xTs_C = 0.244$$

$$M \cdot xM_C = 0.244$$

$$xP_C = 0.244$$

$$Ls + Ts = 1$$

$$A + M = 1$$

$$P = 1$$

Las cantidades de L y T son por tanto:

$$L = Ls \cdot \frac{Mw_L}{Mw_{L_seco}}$$

$$T = Ts \cdot \frac{Mw_T}{Mw_{T_seco}}$$

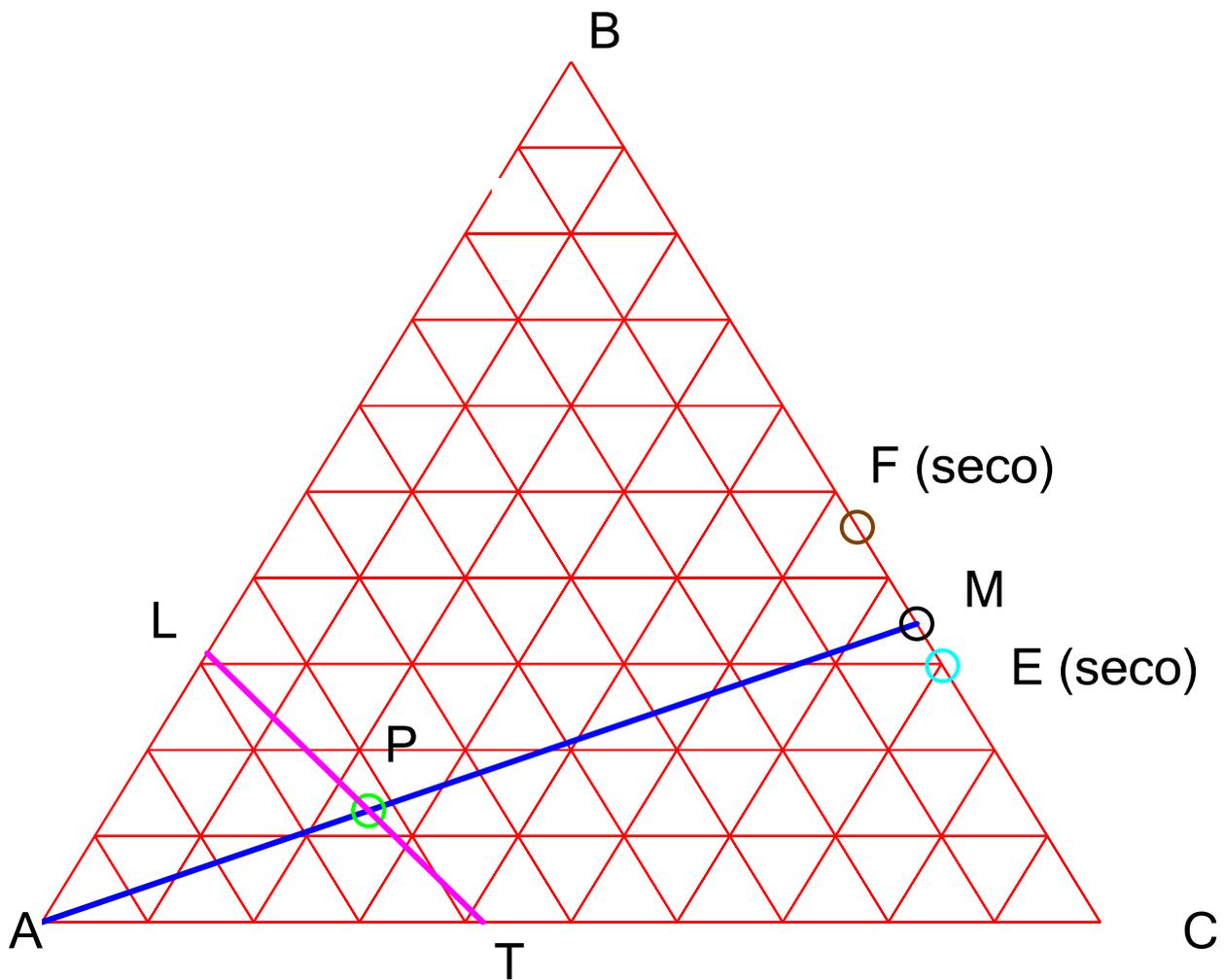
$$L = 0.712 \quad \text{kg de L / kg de P}$$

$$T = 0.695 \quad \text{kg de T / kg de P}$$

Y el agua de hidratación es la diferencia entre la masa total de L y T y la masa de P (1 kg):

$$L + T - 1 = 0.407 \quad \text{kg de agua de hidratación / kg de P}$$

2ª variante (gráfica): puesto que P se obtiene de mezclar M con A, y a su vez P se separa en T seco y L seco, P debe encontrarse sobre la intersección de las dos rectas que unen M y A por un lado, y T seco y L seco por otro.



Gráficamente, se dibujan en el diagrama los puntos L (seco) y T (seco), que son de composiciones conocidas, y el punto M con la composición que resulta de la especificación (precio). De la intersección de las líneas AM y LT se lee la composición del punto P y por la regla de la palanca las cantidades de L seco y T seco que se producen al fraguar un kg de P. Finalmente se convierten a cantidades reales (en base húmeda) usando la relación de masas moleculares.

$$L = L_s \cdot \frac{Mw_L}{Mw_{L_seco}}$$

$$T = T_s \cdot \frac{Mw_T}{Mw_{T_seco}}$$

L = 0.712 kg de L / kg de P

T = 0.695 kg de T / kg de P

