$K_{a_2} = 10^{-9}$ 50 ml 0,1 M H_2A + NaOH 0,1 M

$K_{a_1} = 10^{-3}$

K_{a_1} y K_{a_2} = disociación en más de 10^3 → la etapa de neutralización = disociación

primera valoración $H_2A + OH^- \rightleftharpoons HA^- + H_2O$

$V_{ac} \cdot C_{ac} = V_{base} \cdot C_{base} \rightarrow V_{base} = 50 ml$

↓ Solo hay HA^- que es anfótero

$pH = \frac{pK_{a_1} + pK_{a_2}}{2} = 7$

Segunda valoración $H_2A + OH^- \rightleftharpoons HA^- + H_2O$

$HA^- + OH^- \rightleftharpoons A^{2-} + H_2O$

$H_2A + 2OH^- \rightleftharpoons A^{2-} + 2H_2O$

$2 V_{ac} \cdot C_{ac} = V_{base} \cdot C_{base} \rightarrow V_{base} = 100 ml$

Solo queda A^{2-} y el pH es el que sale de su hidrólisis

$A^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HA^- + OH^- \quad K_{b_2} = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5}$

$HA^- + H_2O \rightleftharpoons H_2A + OH^- \quad K_{b_1} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$ $K_{b_1} << K_{b_2}$

se considera que todo el OH^- viene de la primera reacción

$K_{b_2} = \frac{[HA^-][OH^-]}{[A^{2-}]} = \frac{x^2}{0,0333 - x} = 10^{-5} \rightarrow x = 5,77 \cdot 10^{-4}$

$pOH = 3,238$

$[A^{2-}] = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{150 \cdot 10^{-3}} = 0,0333$

$\boxed{pH = 10,76}$

⇒ Antes de llegar al primer punto de equivalencia

$$H_2A + OH^- \rightleftharpoons HA^- + H_2O$$

tenemos solución reguladora $pH = pK_{a_1} + \log \frac{[HA^-]}{[H_2A]}$

$$[HA^-] = \frac{0,1\,V}{V_T}$$

$$[H_2A] = \frac{5\,10^{-3} - 0,1\,V}{V_T}$$

para $V = 25ml \rightarrow pH = 5$

$V = 45ml \rightarrow pH = 5,954$

⇒ Entre el primer y segundo punto de equivalencia

$$H_2A + OH^- \rightleftharpoons HA^- + H_2O$$

(OH⁻ en exceso)

$$HA^- + OH^- \rightarrow A^{2-} + H_2O$$

Solución reguladora

$$pH = pK_{a_2} + \log \frac{[A^{2-}]}{[HA^-]} = 9 + \log \frac{0,1V}{5\,10^{-3} - 0,1V}$$

Volumen que pasa de 50ml

para $55ml \rightarrow pH = 8,09$

$75ml \rightarrow pH = 9$

⇒ Después del segundo punto

$$H_2A + 2OH^- \rightleftharpoons A^{2-} + H_2O$$

(OH⁻ en exceso)

$$[OH^-] = \frac{0,1 \cdot V}{100 + V} = 4,76\,10^{-3}\,M$$

$$pH = 11,68$$

Para $V=0$ no se ha añadido $NaOH$

$$H_2A + H_2O \rightleftarrows HA^- + H_3O^+ \qquad K_{a_1} = 10^{-5}$$

$$\frac{x^2}{0{,}1 - x} = 10^{-5} \qquad x = 10^{-3}$$

$$\boxed{pH = 3}$$