

CNEA AC 31/75

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

CENTRAL NUCLEAR EN ATUCHA

EJEMPLOS DE CALCULO DE CONFIABILIDAD DE SISTEMAS

(Versión preliminar)

E. Díaz

Buenos Aires-Argentina

1975

I. Alimentación de agua al foso del reactor
(2 tanques del 100%)

Se dispone de dos tanques con agua para inundar el foso del reactor en caso de emergencia. A este foso se hallan vinculadas las bombas de refrigeración de emergencia. En caso de demanda es suficiente que abra una de la válvulas A o B (figura 1).

Por lo tanto la condición de falla del sistema es: "Que falle la válvula A y la válvula B". En forma simbólica, si F es la probabilidad de que funcione satisfactoriamente el sistema

$$\bar{F} = \bar{A} \cdot \bar{B} \quad 1)$$

donde:

$\bar{A}$: probabilidad de falla de A

$\bar{B}$: probabilidad de falla de B

Esto se ilustra en forma simbólica en la figura 2.

La confiabilidad del componente A y B respectivamente es:

$$A = e^{-\lambda_A t_A} \quad 2)$$

$$B = e^{-\lambda_B t_B} \quad 3)$$

Sabiendo que:

$$A + \bar{A} = 1 \therefore \bar{A} = 1 - A \quad 4)$$

$$\bar{A} = 1 - e^{-\lambda_A t_A} \quad 5)$$

$$\bar{B} = 1 - e^{-\lambda_B t_B} \quad 6)$$

donde λ_A, λ_B son la tasa de fallas de los componentes A y B respectivamente y t_A, t_B los intervalos de prueba.

Para valores de $\lambda \cdot t < 1$ se tiene:

$$\bar{A} = \lambda_A t_A \quad 7)$$

$$\bar{B} = \lambda_B t_B \quad 8)$$

La 1) queda entonces:

$$\bar{F} = \lambda_A t_A \lambda_B t_B \quad 9)$$

Si

$$\lambda_A = \lambda_B \quad y \quad t_A = t_B$$

$$\bar{F} = (\lambda t)^2 \quad 10)$$

ALIMENTACION DE AGUA AL FOSO DEL REACTOR
(2 Tanques del 100%)

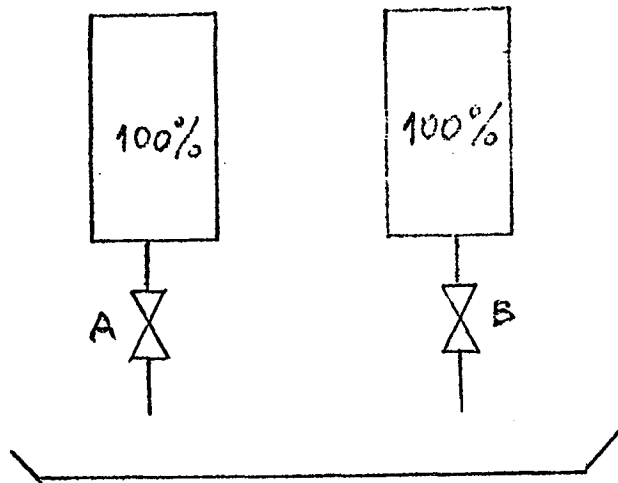


Figura 1

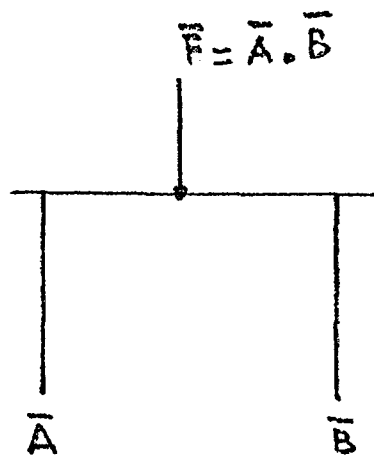


Figura 2

II. Alimentación de agua al foso del reactor
(3 tanques del 100%)

Se dispone de tres tanques del 100% para inundar el foso del punto I,
(ver figura 1)

La probabilidad de falla será en este caso:

$$\bar{F} = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$$

El esquema simbólico se ilustra en la figura 2.

ALIMENTACION DE AGUA AL FOSO DEL REACTOR (3 Tanques del 100%)

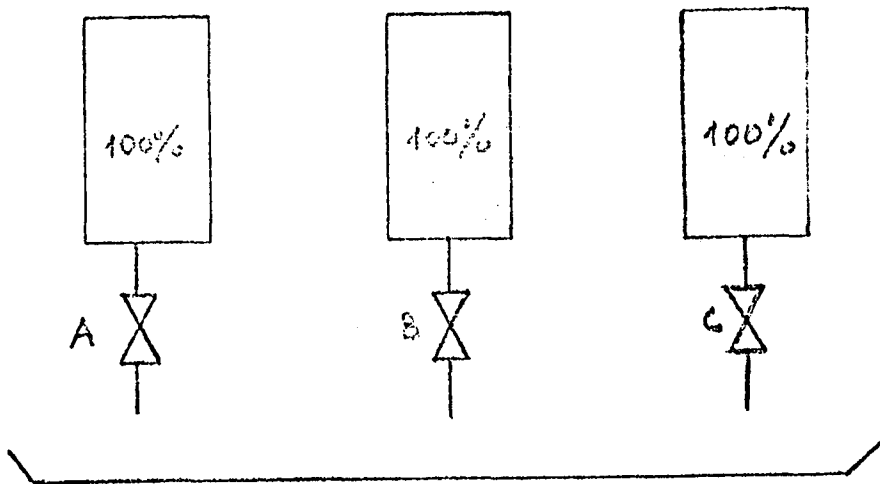


Figura 1

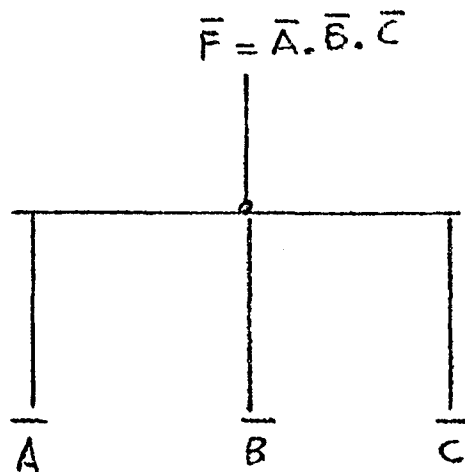


Figura 2

III. Alimentación de agua al foso del reactor (3 tanques del 50%)

Aquí se requiere (ver figura 1), que por lo menos abran las válvulas de dos tanques; es decir, todas aquellas situaciones en que dos válvulas permanezcan cerradas (o las tres) serán fallidas.

La condición de falla será:

$$\bar{F} = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot (\bar{C} + C) + \bar{A} \cdot \bar{C} (\bar{B} + B) + \bar{B} \cdot \bar{C} (A + \bar{A}) \quad 1)$$

Los términos entre paréntesis valen 1; por lo tanto:

$$\bar{F} = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{C} + \bar{B} \cdot \bar{C} \quad 2)$$

La forma simbólica de expresar la probabilidad de falla se muestra en la figura 2.

ALIMENTACION DE AGUA AL FOSO DEL REACTOR
(3 Tanques del 50%)

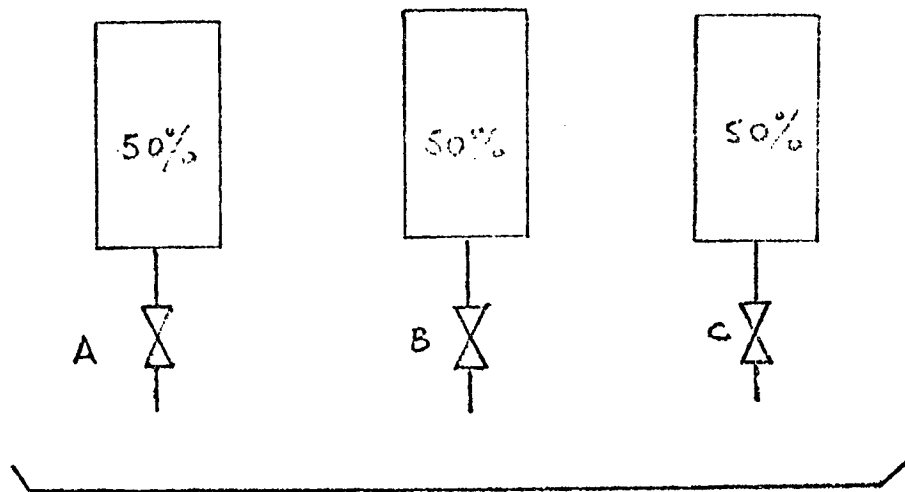


Figura 1

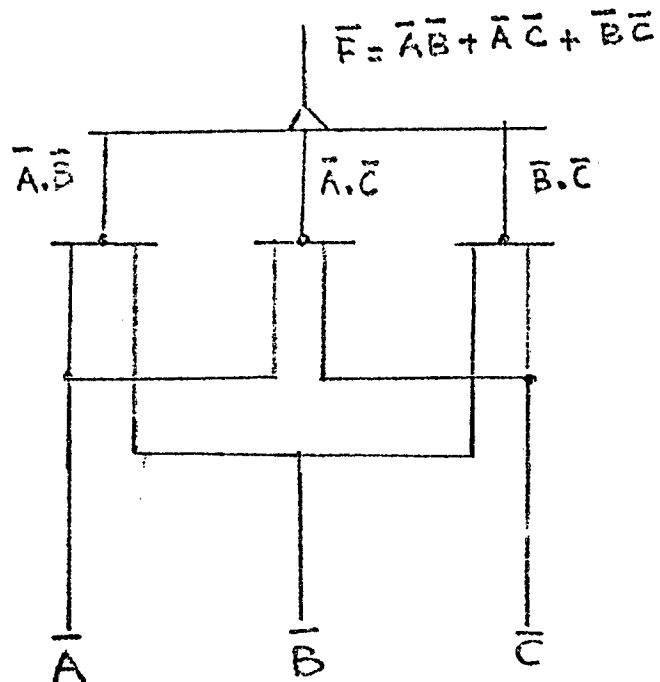


Figura 2

IV. Sistema de inyección de boro de emergencia

Se trata (ver figura 1) de tres tanques con solución de ácido deutero-bórico al 4%. Por acción del aire comprimido en los botellones A, a través de la válvula de control TB 11 S03, se impulsa la solución hacia el recipiente del moderador. La membrana C se rompe por acción de la presión. Para alcanzar un estado subcrítico seguro (del orden de 2%), se requiere la inyección de por lo menos dos tanques. Se considera que pueden fallar las válvulas indicadas (1 a 6).

La condición de falla en cada rama es que falle una u otra válvula (v.g. $\bar{F}_1 + \bar{F}_2$).

Además tienen que fallar por lo menos dos ramas por vez:

$$\bar{F} = (\bar{F}_1 + \bar{F}_2) \cdot (\bar{F}_3 + \bar{F}_4) + (\bar{F}_3 + \bar{F}_4) \cdot (\bar{F}_5 + \bar{F}_6) + (\bar{F}_5 + \bar{F}_6) \cdot (\bar{F}_1 + \bar{F}_2) \quad 1)$$

La 1) queda expresada en forma simbólica en la figura 2.

Las tasas de falla adoptadas son:

$$\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5 = 0,5 \times 10^{-6} \text{ 1/h}$$

$$\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6 = 10 \times 10^{-6} \text{ 1/h}$$

Los intervalos de prueba:

$$t_1 (1, 3, 5) = 8000 \text{ horas}$$

$$t_2 (2, 4, 6) = 744 \text{ horas}$$

Con ello se obtiene una probabilidad de falla del sistema:

$$\bar{F} = 3,9 \times 10^{-4}$$

SISTEMA DE INYECCIÓN DE BORO DE EMERGENCIA

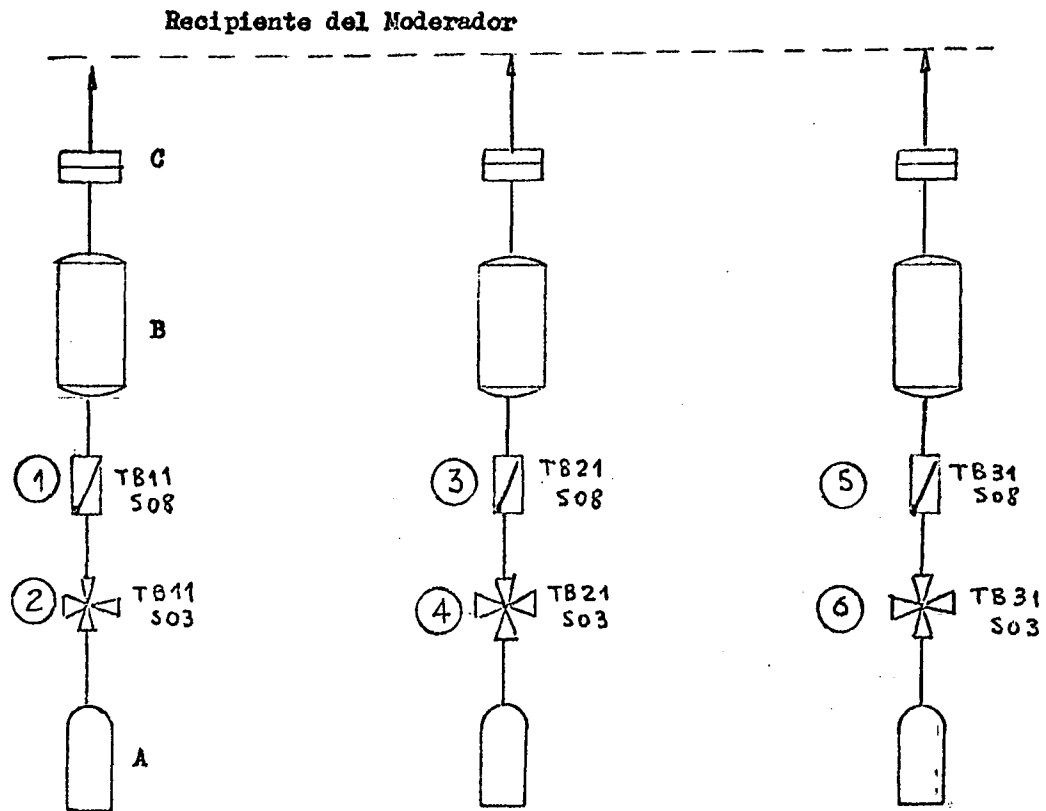


Figura 1

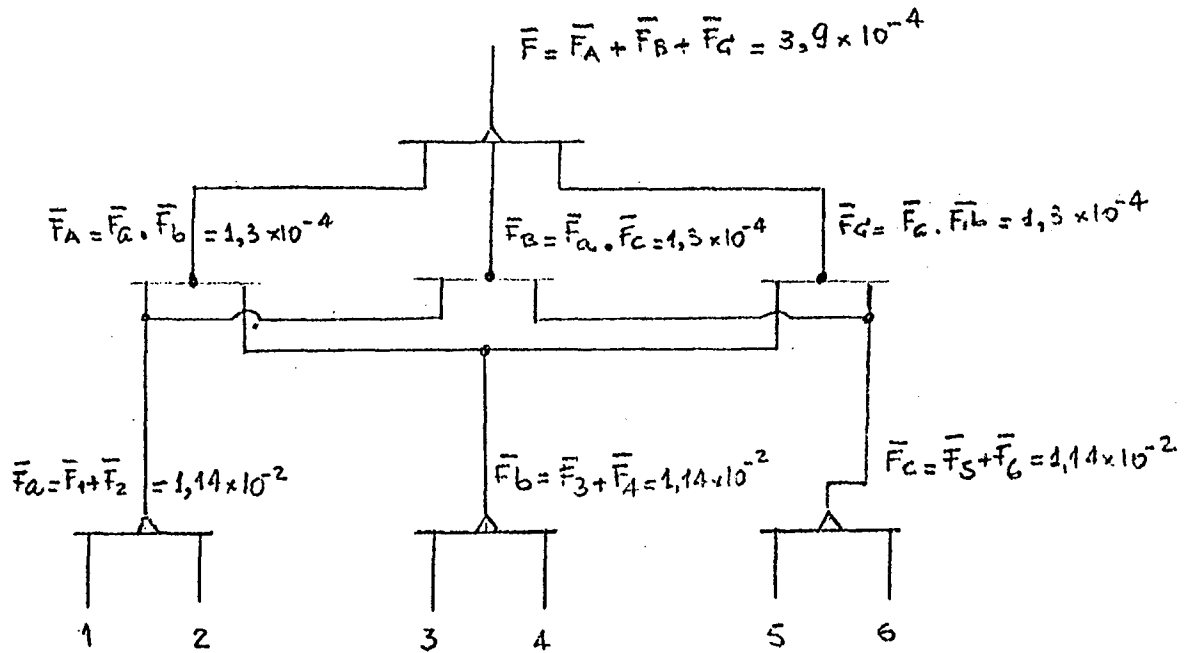


Figura 2

$$\bar{F}_1 = \bar{F}_3 = \bar{F}_5 = 1 - e^{-\lambda_1 t_1} = \lambda_1 t_1 = 8 \times 10^3 \times 0,5 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-3}$$

$$\bar{F}_2 = \bar{F}_4 = \bar{F}_6 = 1 - e^{-\lambda_2 t_2} = \lambda_2 t_2 = 744 \times 10 \times 10^{-6} = 7,44 \times 10^{-3}$$

V. Sistema de refrigeración de emergencia
(Alta presión)

Se dispone de un tanque de aire comprimido, que al accionar (abrir) las válvulas 1 o 2, aplica su presión al recipiente con agua B. Las válvulas 3 y 4 se encuentran normalmente abiertas. Por acción de la presión la membrana C rompe y envía agua al recipiente de presión del reactor.

Si se supone que los componentes que pueden fallar son 1, 2, 3 y 4, se llega a la configuración de la figura 2.

El planteo simbólico se ilustra en la figura 3, donde se resuelve el problema para valores dados de λ y t .

SISTEMA DE REFRIGERACION DE EMERGENCIA(ALTA PRESION)

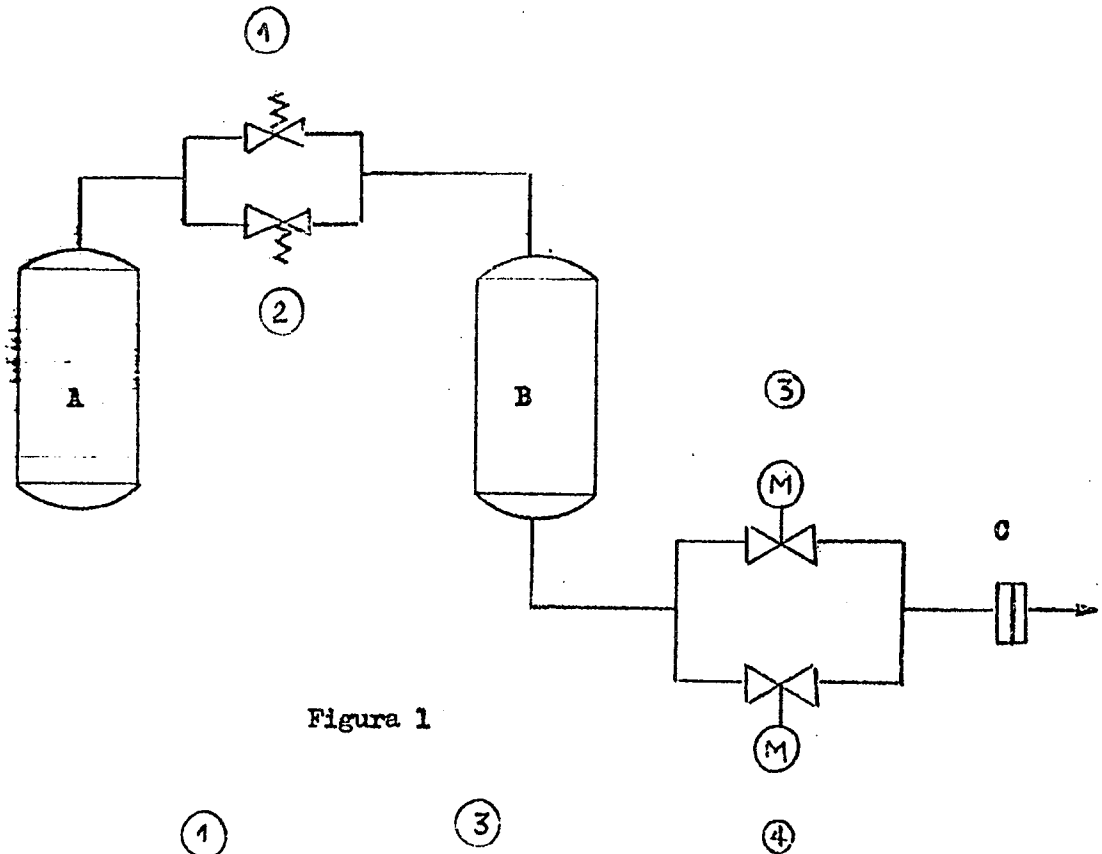


Figura 1

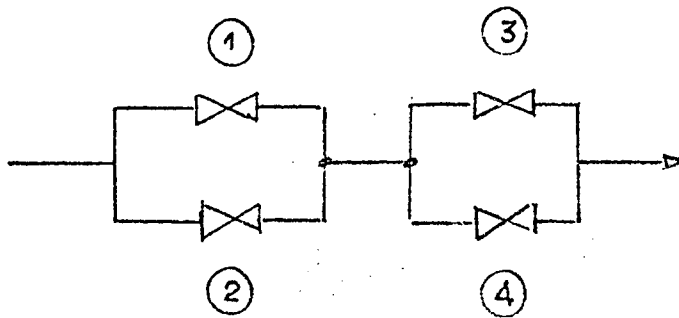


Figura 2

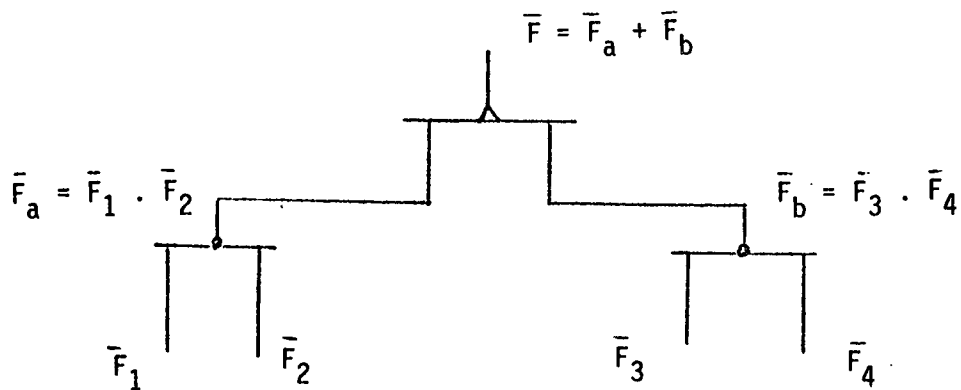


Figura 3

$$\begin{aligned} \bar{F}_1 = \bar{F}_2 &= \angle_1 t_1 = 5 \times 10^{-6} \times 744 = 3,72 \times 10^{-3}; \bar{F}_a = \bar{F}_1 \cdot \bar{F}_2 = 1,38 \times 10^{-5} \\ \bar{F}_3 = \bar{F}_4 &= \angle_2 t_2 = 10 \times 10^{-6} \times 744 = 7,44 \times 10^{-3}; \bar{F}_b = \bar{F}_3 \cdot \bar{F}_4 = 5,54 \times 10^{-5} \\ \bar{F} &= \bar{F}_a + \bar{F}_b = 1,38 \times 10^{-5} + 5,54 \times 10^{-5} = 6,92 \times 10^{-5} \end{aligned}$$