

ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL ACCIDENTE DE PÉRDIDA DE REFRIGERANTE (Loss of Coolant Accident, LOCA) EN EL REACTOR RP-10

Gallardo A. ⁽¹⁾ agallardo@ipen.gob.pe; Lázaro G. ⁽¹⁾ glazaro@ipen.gob.pe; Nieto M. ⁽¹⁾

(1) Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

El accidente de pérdida de refrigerante que se postula es la rotura del tubo tangencial pasante (a los muros del reactor) en alguna parte dentro de la pileta del reactor, escapándose el agua del interior de la pileta del reactor al exterior a través de los extremos del tubo tangencial con conexión al exterior. Del análisis realizado se concluye que el sistema de control del ECCS debe actuar antes de los 7 minutos.

- 3) Los 2 extremos del tubo tangencial están abiertos porque fallo la cuchilla de cierre.
- 4) La temperatura del agua en la pileta del reactor durante el accidente es 40 °C.
- 5) El descenso del nivel de agua hasta 8 m, incluye el agua de la pileta del reactor, de pileta auxiliar y del canal entre piletas. Por debajo se considerará solo el agua de la pileta del reactor.
- 6) Flujo incompresible y cuasi-estacionario hasta por encima del núcleo del reactor.

1. HIPÓTESIS PARA EL CÁLCULO

- 1) Se deberá tener en cuenta el esquema de la figura 1.
- 2) El reactor está operando al máximo nivel de potencia de 12 Mwt.

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_3}{\gamma} + Z_3 + \frac{V_3^2}{2g} + K_{ent} \frac{V_2^2}{2g} + f_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} + K_{exp} \frac{V_2^2}{2g} + f_3 \frac{L_3}{D_3} \frac{V_3^2}{2g} \quad (1)$$

Donde:

$$p_1 = p_3 = p_{atm}$$

γ = peso específico del refrigerante.

g = aceleración de la gravedad.

Z_1 = nivel de la superficie libre del agua en la pileta.

Z_3 = 1,30 m; nivel de referencia de salida del refrigerante.

V_i = velocidades de: descenso del nivel de agua (1), en los tramos interiores del tangencial (2) y en los tramos a la salida del tangencial (3).

K_i = coeficientes de pérdidas: de entrada y de expansión.

f_i = coeficientes de fricción en: tramos interiores y a la salida del tangencial.

L_i = longitudes de tramos interiores y a la salida del tangencial.

2. ECUACIONES DE CONSERVACIÓN

Ecuación de Conservación de la Energía

Teniendo en cuenta la figura 1, se tiene que la ecuación de Bernoulli modificada es:

D_i = diámetro interior de los tramos interiores y a la salida del tangencial.

Ecuación de Conservación de la Masa

La ecuación de conservación de la masa se simplifica a la ecuación de continuidad.

$$Q = V_1 A_1 = 2 V_2 A_2 = 2 V_3 A_3 \quad (2)$$

Donde:

Q = caudal de refrigerante que se evacua.

A_i = área de la superficie libre del agua (1), sección del tubo tangencial ocupada por el agua en los tramos interiores (2) y en los tramos exteriores (3).

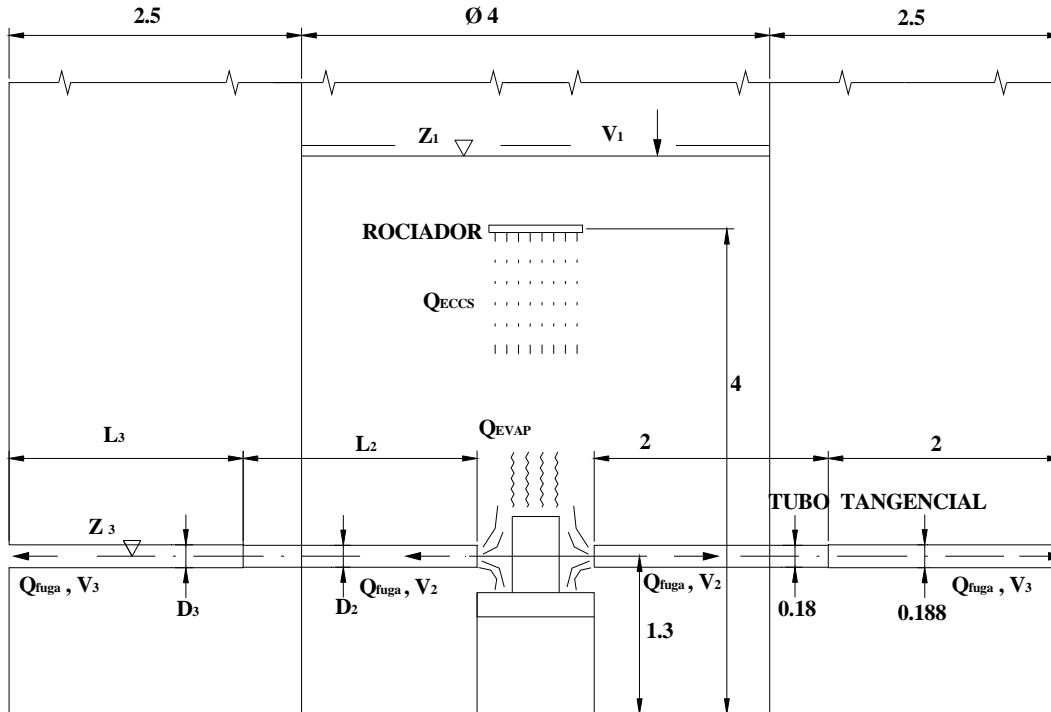


Figura 1. Esquema del accidente de pérdida de refrigerante

Caudal del ECCS

Tal como se sugiere en el Informe Técnico de Análisis Hidráulico del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Reactor RP-10, la evolución del caudal del ECCS se puede calcular según la siguiente expresión:

$$Q_{ECCS} = \frac{A_{TR} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (Z_{TR} + h)}}{K_P} \quad (3)$$

donde:

- A_{TR} : es el área del tanque de reserva.
- g : es la aceleración de la gravedad.
- Z_{TR} : es el nivel de agua en el tanque de reserva.
- h : es la altura adicional de caída de agua del ECCS, por el desnivel entre conexiones.
- K_P : La constante general de pérdidas, se obtiene de la misma ecuación (3), para los valores al inicio del funcionamiento del ECCS.

3. RESULTADOS

Tabla 1.

<i>Tiempos medidos después del shutdown¹ (s)</i>									
Z inicial	10,30 m			10,40 m			10,50 m		
Q _{ECCS} inicial	3,0 m ³ /h	4,0 m ³ /h	5,0 m ³ /h	3,0 m ³ /h	4,0 m ³ /h	5,0 m ³ /h	3,0 m ³ /h	4,0 m ³ /h	5,0 m ³ /h
Z ² = 10,005 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z = 8,00 m	146,02	146,02	146,02	146,02	146,02	146,02	146,02	146,02	146,02
Z = 3,55 m	323,13	323,13	323,13	323,13	323,13	323,13	323,13	323,13	323,13
Z = 3,20 m	342,94	342,94	342,94	342,94	342,94	342,94	342,94	342,94	342,94
Z = 1,68 m	467,92	468,16	468,40	467,92	468,16	468,40	467,92	468,16	468,40
Z = 1,6275 m	475,21	475,47	475,73	475,21	475,47	475,74	475,20	475,47	475,73
Z = 1,6075 m	478,12	478,40	478,67	478,12	478,40	478,67	478,12	478,40	478,67
Z = 1,394 m	516,91	517,37	517,84	516,91	517,38	517,84	516,91	517,37	517,84
Z = 1,39 m	517,87	518,34	518,81	517,87	518,34	518,81	517,86	518,34	518,81
Z = 1,30 m	552,66	553,57	554,50	552,66	553,57	554,50	552,65	553,57	554,50

¹ Tiempo después del shutdown. Este tiempo es la diferencia entre el tiempo de inicio del accidente y el tiempo que demora el shutdown, desde el inicio del accidente.

² Nivel en que se da shutdown, aproximadamente.

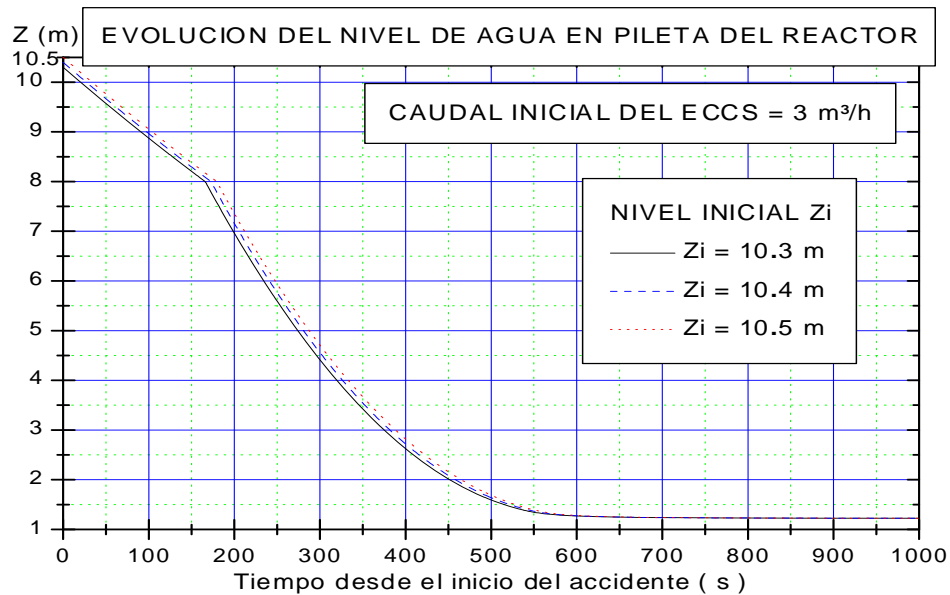


Figura 2. Evolución del nivel de agua en pileta del reactor.

4. REFERENCIAS

1. Streeter VL, Wylie EB. Mecánica de los Fluidos. 8ª edición, Editorial Mc Graw Hill, Colombia, 1995.
2. Gallardo A, Lázaro G, Nieto M. Análisis Hidráulico del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) del reactor RP-10. Informe Técnico N° 001-98-DGI/DR/GCAS/PCMR/AGP.16-02-98.