

ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE EMERGENCIA DEL NÚCLEO DEL REACTOR RP-10

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

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

RESUMEN

En este trabajo se presentan los cálculos para el análisis hidráulico del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) del reactor RP-10, este análisis es necesario para el diseño de del sistema. Como resultado de los cálculos mostrados en los gráficos, un diámetro de tubería de dos pulgadas de diámetro nominal debería seleccionarse para que el sistema alcance un caudal máximo de 5 m³/h.

1. INTRODUCCIÓN

Se han utilizado las ecuaciones de conservación juntas con las del movimiento parabólico, para calcular la evolución del caudal, del nivel de agua en tanque de almacenamiento del agua para el ECCS, la evolución del alcance de rociado, en función del tiempo.

2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Para el cálculo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1) Fluido: Agua desmineralizada a temperatura cte.
- 2) Flujo: Cuasi-estacionario, incomprensible.
- 3) Caudal inicial del ECCS: 3 a 5 m³/h.
- 4) Distancia horizontal mínima entre rociador-núcleo: 0,5 m.
- 5) Tiempo mínimo de funcionamiento ECCS: 150,000 s.

3. ECUACIONES PARA EL CÁLCULO

Se usarán las ecuaciones de conservación simplificadas teniendo en cuenta las hipótesis de cálculo. Además se usará las ecuaciones del movimiento parabólico para calcular los alcances de rociado. Además de ecuaciones de vertedero.

Ecuación de Conservación de la Energía:

$$z + h + \frac{V_0^2}{2g} = K_{ent} \frac{V_8^2}{2g} + (2K_{cont} + K_{exp} + K_{va} + 2K_{vm} + K_{vr} + 3K_{cod} + 4K_{tee}) \frac{V_D^2}{2g} + f_8 \frac{L_1 + L_3}{D_8} \frac{V_8^2}{2g}$$

$$+ f_D \frac{L_2 + L_4}{D} \frac{V_D^2}{2g} + K_{roc} \frac{V_R^2}{2g} + \frac{V_R^2}{2g} \quad (1)$$

donde:

- z : nivel de agua en el tanque de reserva
- h : altura de desnivel entre tomas de tanques
- g : aceleración de la gravedad
- D : diámetro del sistema de tubería
- D_8 : diámetro de 8" de tomas de los tanques
- L_i : longitudes de tomas y sistema de tubería
- V_i : velocidades de descenso del nivel del agua en el tanque reserva, en tomas, sistema de tubería y rociador
- K_i : coeficientes de pérdidas de entrada, contracción, expansión, válvulas, codos, tees
- f_i : coeficientes de fricción de fórmula de Coolebrok

Ecuación de Conservación de la Masa:

$$Q = V_0 A_0 = V_8 A_8 = V_D A_D = V_R A_R \quad (2)$$

donde:

- Q : caudal del ECCS
- A_i : secciones del tanque reserva, de tomas, sistema de tubería y rociador

Ecuaciones de Vertedero

Para calcular la velocidad de descenso del nivel de líquido en el tanque de almacenamiento de agua.

$$V_0 = -dz / dt \quad (3)$$

Resolviendo adecuadamente las ecuaciones dadas se calcula los valores del coeficiente de pérdidas

Ecuaciones del Movimiento Parabólico

Movimiento vertical:

$$Z_{ch} = V_R \cdot \text{sen} \theta \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (4)$$

Movimiento horizontal:

$$X_{ch} = V_R \cdot \text{cos} \theta \cdot t \quad (5)$$

- X_{ch} : es el alcance del chorro
- t : tiempo de rociado (funcionamiento del ECCS)

Datos de Entrada

Los datos de entrada para $t = 0$, son:

X_{chi} : alcance inicial del rociado

Q_i : caudal inicial del ECCS.

Z_{ch} : altura constante de caída de los chorros

θ : ángulo de salida del chorro respecto a la horizontal.

4. RESULTADOS DEL CÁLCULO

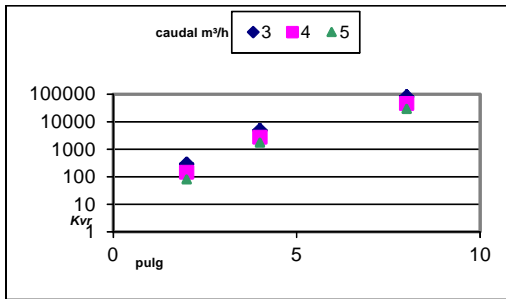


Figura 1. Coeficiente de pérdidas de válvula reguladora (K_{vr}) en función del diámetro tubería (pulg.) y caudal inicial del ECCS (m^3/h).

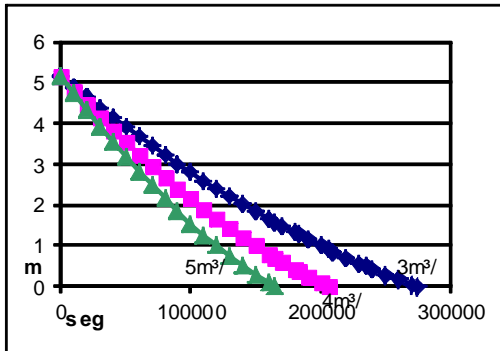


Figura 2. Evolución del nivel de agua en el tanque de almacenamiento en función del caudal y el tiempo de funcionamiento del ECCS (seg).

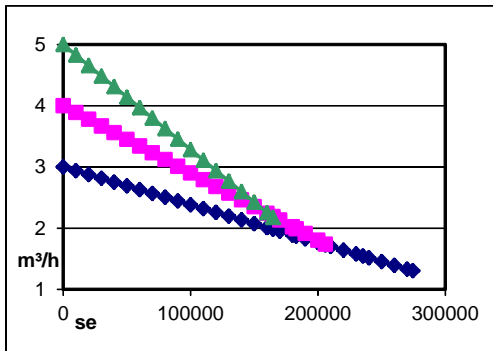


Figura 3. Evolución de caudal para 3 casos en función del tiempo de funcionamiento del ECCS(seg).

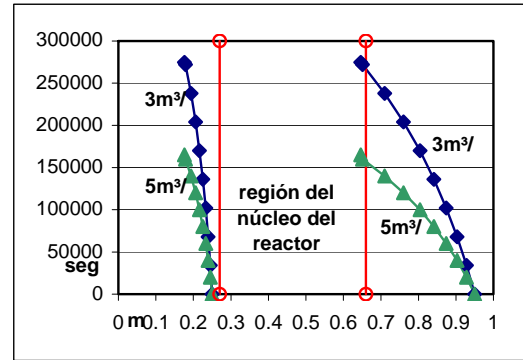


Figura 4. Evolución del alcance mínimo y máximo de rociado para los caudales iniciales dados.

5. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

En la figura 1 se observa que para mayores diámetros de tubería el coeficiente de pérdidas de la válvula reguladora crece mucho. Esto significa que, por el orden de los coeficientes de pérdidas, la válvula de 8 pulgadas está próxima a la posición de cierre haciendo difícil su regulación. De la figura 2 observamos que aún para un caudal inicial de $5 m^3/h$ se tiene agua en el reservorio de agua, para el tiempo de funcionamiento mínimo de 150000 segundos del ECCS. De la figura 3 observamos que para el tiempo mínimo de funcionamiento el caudal resulta mayor de $2 m^3/h$. También se observa que hasta los 150000 segundos se tiene mayor caudal cuando el caudal inicial es mayor. De la figura 4 observamos que los alcances mínimo y máximo decrecen con el tiempo, esto es obvio ya que el caudal también disminuye. Sin embargo, se verifica que hasta los 150000 segundos, se tiene cubierto con el rociado aún para el caudal inicial de $5 m^3/h$. La región entre las líneas verticales es la zona en que se encuentra la superficie del núcleo del reactor.

Concluimos que el diámetro óptimo para el sistema de tubería es de 2 pulgadas. El caudal máximo del sistema es de $5 m^3/h$ para garantizar un mayor rociado.

6. REFERENCIAS

- [1] Parkansky, D.; Vertullo, A.; Schultz, G. Sistema de Rociado de emergencia del reactor RP-10. CNEA, Informe de trabajo, 25-03-1988.
- [2] Reed Robert Burn. Final Report Technical - Emergency Core Cooling System. OIEA, Informe Técnico, Huarangal-Lima, 15-03-1996.
- [3] White, Frank. Mecánica de los Fluidos. Editorial Mc Graw Hill, España, 1990.