

## FENOMENOS DE EBULLICION PULSADA EN

## REACTORES TIPO PISCINA

G  
D. PARKANSKY-H.T. DE NOTTA

En los reactores tipo piscina con elementos combustibles tipo MTR la transferencia de calor se verifica por convección natural o forzada en simple fase y los coeficientes de transferencia correspondientes dependerán del régimen de escurrimiento: laminar transitorio o turbulento.

Sin embargo en condiciones de bajas velocidades y presiones para este tipo de reactores se observan, a medida que se incrementa el flujo calórico, una serie de fenómenos termohidráulicos:

1-Si el escurrimiento medió en el núcleo es de sentido descendente podrá sobrevenir dentro del canal caliente una inversión del sentido de escurrimiento con una anulación momentánea de la velocidad. Este fenómeno de inversión de caudal se acompaña de un pico momentáneo en la temperatura de pared.

2-A continuación aparece ebullición dentro del canal caliente y el escurrimiento puede volverse oscilante. Este fenómeno se denomina Ebullición Pulsada.

En la realidad debido a que el agua tiene aire disuelto previo a la Ebullición Pulsada aparece el fenómeno de desgasificación local del agua en contacto con los elementos combustibles calientes dependiendo el mismo de la presión, la concentración de aire disuelto y el flujo calórico. Esta circunstancia favorece notablemente la transferencia de calor llegando en algunos casos hasta a triplicar el coeficiente de transferencia.

Cuando el flujo calórico alcanza un cierto valor, el régimen de Ebullición Pulsada se acompaña de una elevación importante y permanente de la temperatura de pared, situación que conduce a la fusión de los elementos combustibles: Burn-out.

De estudios experimentales surge que la ebullición pulsada en reactores pileta ocurre para un rango que tiene como límite superior para la velocidad del refrigerante que oscila entre 50 y 100 cm/seg. dependiendo de la geometría del canal, la presión y la temperatura de entrada.

El objetivo de nuestro trabajo experimental es la determinación de los flujos calóricos que originan la Ebullición Pulsada tanto en condiciones de convección natural como para convección forzada a presiones de 1 y 1,5 atm. para distintas temperaturas de pileta y para una geometría consistente con el reactor RA6.

El dispositivo de ensayo utilizado consiste en una sección cilíndrica aislada térmicamente del lado exterior por el interior de la cual circula agua.

Esta sección es calentada por 'efecto Joule' mediante la utilización de un rectificador de Selenio de 40 Kw. Ver Fig.1 y Fig.2. La sección de ensayos cilíndrica fue elegida de manera tal que se mantenga la razón  $L_{cal}/D_{cal}, L_{total}/D_{hidráulico}$  de forma que con sólo trabajar con el mismo fluido, con igual caudal  $G$  y con igual  $T_e$  los resultados obtenidos son perfectamente extrapolables a lo que ocurre en un reactor con combustible tipo MTR.

Resultados experimentales:

1-  $T_{pil.}=20^{\circ}C$        $P_{abs}=1 \text{ atm.}$

$T_{amb.}=23^{\circ}C$       Fluido: agua liv.

1a- (convección natural)

Se aplicó tensión y primeramente se observó desgasificación para luego notarse la aparición de la Ebullición Pulsada a un  $\phi=19,7W/cm^2$ . Aquí la  $T_{pared}$  indica máximos que son periódicos cuya frecuencia e intensidad aumentan al aumentar el  $\phi$ .

1b- (convección forzada)

Las condiciones experimentales aquí son iguales a las anteriores salvo que el fluido aquí circula por el circuito a una velocidad de  $19cm/seg.$  descendente.

A medida que aumentamos el  $\phi$  comienzan a aparecer burbujas que son cada vez mas numerosas hasta llegar a un  $\phi=30W/cm^2$  a Ebullición Pulsada.

Para una velocidad de  $34cm/seg.$  se observa que la ebullición pulsada aparece a  $\phi=35,6W/cm^2$

Para una velocidad de  $45cm/seg.$  la ebullición pulsada aparece a  $\phi=47,7W/cm^2$

2-  $T_{pil.}=40^{\circ}C$        $P_{abs}=1atm.$

$T_{amb.}=23^{\circ}C$       Fluido: agua liv.

2a- (convección natural)

La ebullición pulsada aparece para  $\phi=14W/cm^2$

2b- (convección forzada)

Para una velocidad de circulación  $V=20cm/seg.$  la ebullición pulsada aparece a  $\phi=27,8W/cm^2$

Para una velocidad de circulación  $V=35cm/seg.$  la ebullición pulsada aparece a  $\phi=32W/cm^2$

3-  $T_{pil.}=40^{\circ}C$        $P_{abs.}=1,5atm.$

$T_{amb.}=23^{\circ}C$       Fluido: agua liv.

3a- (convección natural)

La ebullición pulsada se logra para  $\phi=27W/cm^2$

### 3b-Convección forzada

Para velocidad de circulación  $V = 34 \text{ cm/seg.}$  se arribó a la ebullición pulsada para  $\phi = 59,5 \text{ W/cm}^2$ .

#### Conclusiones:

Analizando los resultados obtenidos en las tres condiciones experimentales se ve que para convección natural los  $\phi$  a los cuales se alcanza la ebullición pulsada son menores que en el caso de convección forzada.

Para una misma presión de trabajo e iguales condiciones de escurreimiento se ve que para  $T_{pil.} = 20^\circ\text{C}$  la ebullición pulsada se alcanza a  $\phi$  mayores que para  $T_{pil.} = 40^\circ\text{C}$ .

Para  $T_{pil.} = 40^\circ\text{C}$  y  $P = 1 \text{ atm.}$  se ve que el  $\phi$  al cual se alcanza la ebullición pulsada es mayor que en el caso de  $T_{pil.} = 40^\circ\text{C}$  y  $P = 1 \text{ atm.}$  Esto se justifica por el aumento de la  $T_{sat.}$  a mayor presión.

En todos los casos antes de llegar al fenómeno de ebullición pulsada se alcanza la desgasificación lo que provoca el desplazamiento de los  $\phi$  de ebullición pulsada hacia valores mayores.

Finalmente podemos concluir a manera de ejemplo para el caso del RA6 que trabajando en convección natural a una presión de 1 atm. para una  $T_{pil.} = 20^\circ\text{C}$  y una  $T_{amb.} = 23^\circ\text{C}$  la ebullición pulsada se alcanzaría a un  $\phi = 19,7 \text{ W/cm}^2$ . Recordemos que el flujo de operación del RA6 es de alrededor de  $5 \text{ W/cm}^2$ .

CIRCUITOS DE ENSAYOS

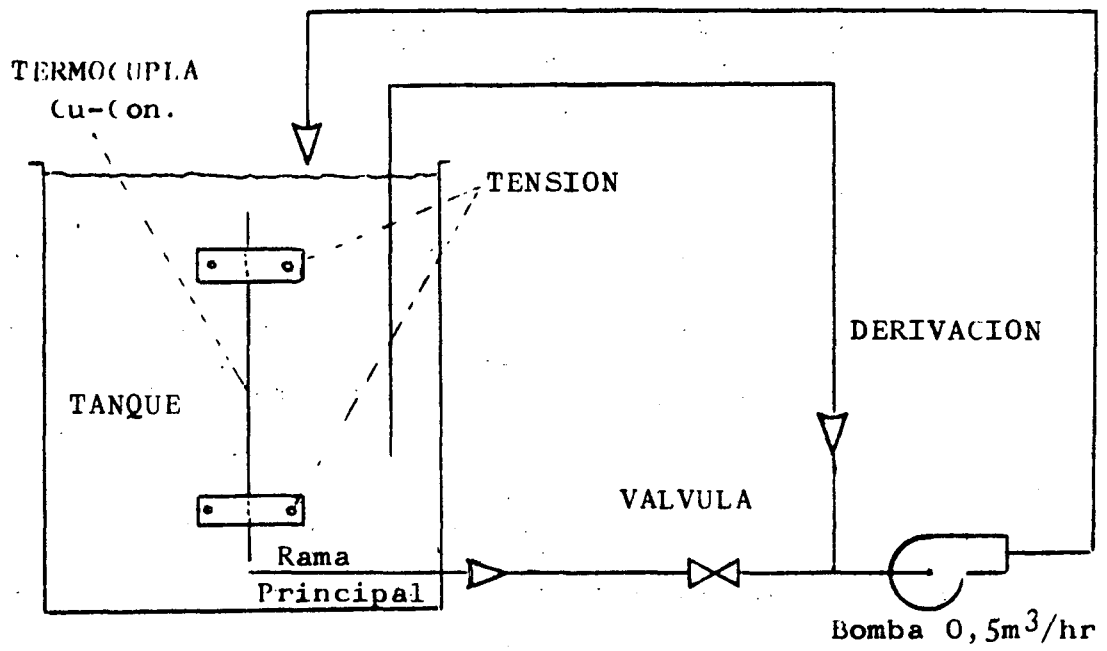


FIGURA I

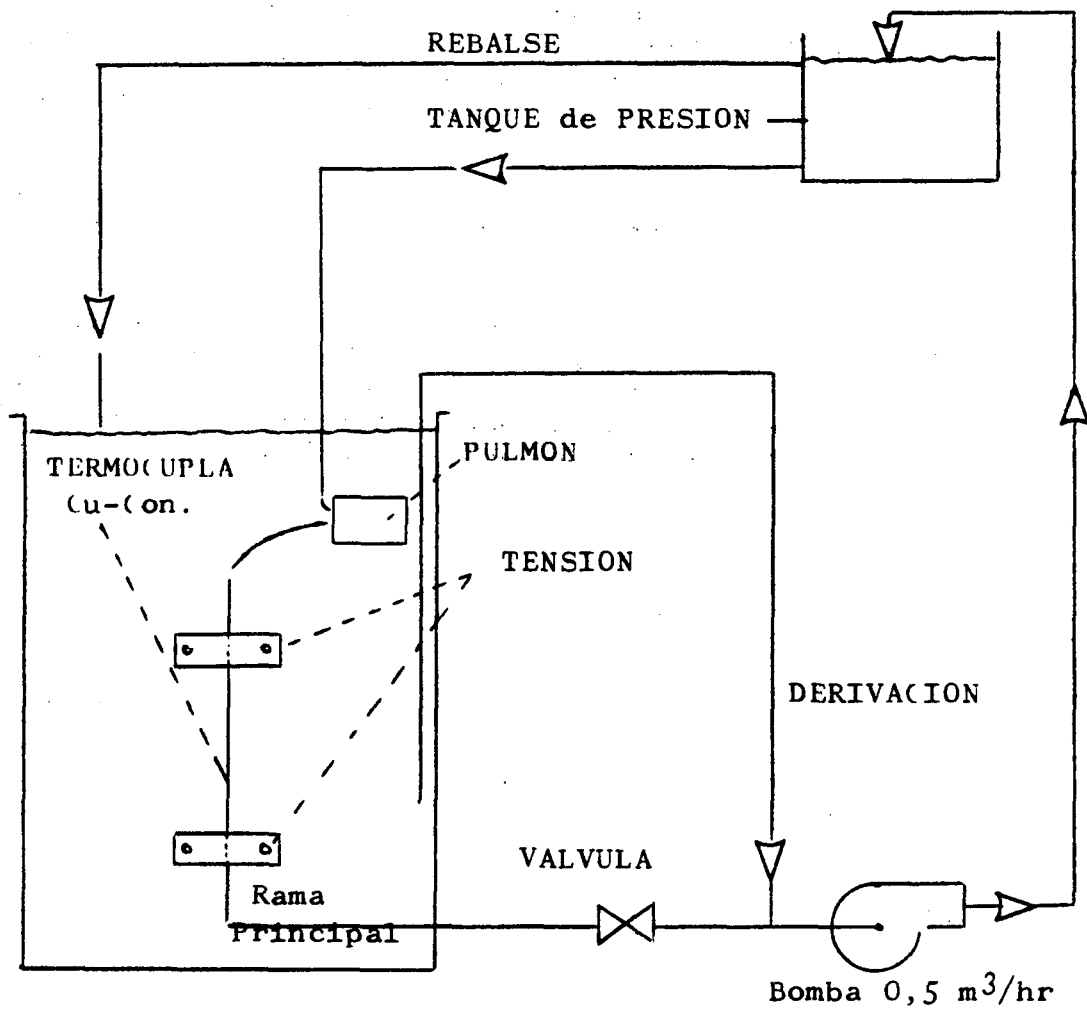


FIGURA II