

VALIDACIÓN DEL CÓDIGO COBRA PARA EL CÁLCULO DE POTENCIAS DE "DRY OUT" EN ELEMENTOS COMBUSTIBLES AVANZADOS TIPO CANDU

¹daverio h.j. , ²juanicó l.

¹ Diseños Avanzados y Evaluación Económica

Comisión Nacional de Energía Atómica

²CONUAR S.A.

1. INTRODUCCION

Con el objeto de evaluar el desempeño del código COBRA IV HW como herramienta de cálculo de potencias de "dry out" se simulará con el mismo las condiciones experimentales de los ensayos realizados por AECL sobre el combustible CANFLEX en el laboratorio Stern.

Como un segundo objetivo, se empleará esta herramienta computacional para estimar potencias de "dry out" del elemento combustible CARA, bajo las mismas condiciones anteriores.

Por último se compararán las potencias medidas experimentalmente y calculadas, para CANFLEX y también las calculadas para CARA.

2. DATOS DE INICIALIZACION DEL CODIGO

Todos los datos utilizados para desarrollar el modelo para COBRA del elemento combustible CANFLEX fueron tomados de un trabajo publicado en el 6th Candu Fuel Meeting , 1999. Ref /1/

Se adoptó como diámetro de canal nominal el diámetro interno de canal caliente. A este valor se agregó un 4.5% por "crept", debido a que este es el diámetro en la cota donde se produce el "dry out". El cálculo fue realizado con diámetro de canal uniforme mientras que el ensayo se realizó en un canal de diámetro variable. Este cambio se adoptó por simplificación en el modelo, sobre la base de considerar que el fenómeno de "dry out" es local, por lo cual el error introducido es menor.

Los caudales para los cuales se simularon las condiciones experimentales varían entre los 10 a 25 kg/s, y la presión de salida entre 6 a 11 MPa . Pero solo se presentan los resultados de CHF para 11 MPa.

Los factores de potencia radial utilizados, para la barra central y las tres coronas de barras fueron 1.034 / 1.081 / 0.873 / 1.056, respectivamente.

El perfil axial de potencia presenta una relación máxima con respecto a la potencia promedio de 1.62 y el mismo debió ser modificado con respecto al utilizado en el ensayo debido a restricciones impuestas por el código, pero respetándose el valor máximo.

En el modelado con COBRA se consideraron solo espaciadores que tienen un efecto relativamente pequeño (aproximadamente 1,4 %) sobre la potencia de "dry-out".

Tanto en los ensayos de Stern Lab. como en los cálculos hechos con COBRA se consideró que el E.C. estaba apoyado sobre el canal. En el caso del modelo COBRA se adoptó un apoyo de 1.5 mm de altura, representativo de las condiciones reales.

El EC CARA se calculó el "bundle" apoyado sobre una barra. Posteriormente se decidió verificar el cálculo con el "bundle" apoyado en dos barras. Y se obtuvieron potencias de "dry out" superiores en un 0.6 %. O sea que considerar el "bundle" apoyado en una barra es conservativo.

Se consideró que las barras del ensayo, que se pretendía simular, son continuas a lo largo del canal por lo tanto debía considerarse la longitud total del "bundle" y no solo su longitud activa. Se adoptó una longitud de "bundle", para el EC CANFLEX, de 495.3 mm, repetida 12 veces para la longitud total.

El mismo criterio se adoptó para el EC CARA, adoptándose una longitud total de 990.6 mm, repetida 6 veces para la longitud total.

Se utilizó la siguiente correlación de mezclado turbulento:

$$W_i = a * b^{\text{beta}}$$

en la cual, se adoptó el valor de beta = 0.02 Ref /2/

Para realizar los cálculos se utilizó el código COBRA IV HW que es una versión del código COBRA IV I de Pacific Northwest Lab. adaptada y mejorada para el cálculo de canales en reactores PHWR.

3. MÉTODO DE CÁLCULO DE LAS POTENCIAS DE "DRY OUT"

El método de cálculo de la potencia de "dry out" con el código COBRA fue el mismo que el utilizado por Stern Lab. Se aumentó progresivamente la potencia en el E.C. hasta que en el punto más caliente del "bundle" se detectó un salto de temperatura de vaina del 5%.

Es decir se utilizaron las correlaciones de transferencia de calor y la lógica que el código utiliza para aplicar distintas correlaciones para predecir el "dry out".

4. PERFIL TRANSVERSAL DE TEMPERATURAS

Para una potencia de 2 MW, caudal 10.5 kg/s, T entrada = 172.8 °C, presión de salida 11 MPa, se compara el perfil transversal de temperaturas de vaina en la cota x/L=0.833 con el obtenido por Stern Lab. en el E.C. CANFLEX.

Las condiciones a las cuales fueron hechas las mediciones no están publicadas, de manera que se intentó reproducir el perfil de temperaturas variando la temperatura de entrada, la potencia y el caudal. Ver figuras 3 y 4 .

5. RESULTADOS

Se calcularon las potencias de “dry out” con el código COBRA IV HW considerando potencia de "dry out" aquella que produce un salto del 5 % en la temperatura de vaina.

Se pueden apreciar dos tendencias bien diferenciadas. En el rango de temperaturas de entrada de canal de 243 °C a 268 °C (rango de temperatura de entrada en reactores CANDU 6) los valores calculados por COBRA presentan un desvío promedio con respecto a los valores calculados de -0.08 % y una desviación estándar de +/- 2.5 %. Mientras que en la zona de temperaturas de entrada de 280 °C a 290 °C el desvío promedio es de -9.05% (el código es conservativo) y la desviación estándar promedio es de +/- 2.38 %.

Con respecto a la comparación de desempeño entre los elementos combustibles CARA y CANFLEX también los resultados muestran dos tendencias. El código predice potencias de "dry out" superiores en aproximadamente un 5 % para el EC CARA en la zona de 243 °C a 255 °C y en la zona de 268°C a 290°C las potencias de "dry out" calculadas son aproximadamente las mismas para ambos elementos combustibles.

6. CONCLUSIONES

El código COBRA demostró una muy buena capacidad de estimación (menos del 10% de error) de las potencias de “dry-out” en todo un rango amplio de condiciones similares a las de operación de reactores CANDU-6, simulando elementos combustibles avanzados.

Utilizando esta herramienta validada así, para analizar el desempeño de los combustibles tipo CARA, se encontraron resultados levemente superiores (hasta 5%) o similares, comparado contra el diseño CANFLEX.

7. REFERENCIAS

- 1 FULL SCALE WATER CHF TESTING of the CANFLEX BUNDLE
G.R Dimmick and w.w. Inch, (AECL), J.S. Jun and R.C. Suk, (KAERI) G.I. Radaller, RA. Fortman and RC. Rayes, (Stem Laboratories)
Fuel Channel Thermalhydraulics Branch Chalk River Laboratories Atomic Energy of Canada Limited Chalk River, Ontario CANADA KOJ IJO
- 2 Parametric Study of CHF Data
Volume 2: A Generalized Subchannel CHF Correlation for PWR and BWR Fuel Assemblies.
D.G. Reddy , C.F. Fighetti

COLUMBIA UNIVERSITY
Heat Transfer Research Facility
Department of Chemical Engineering

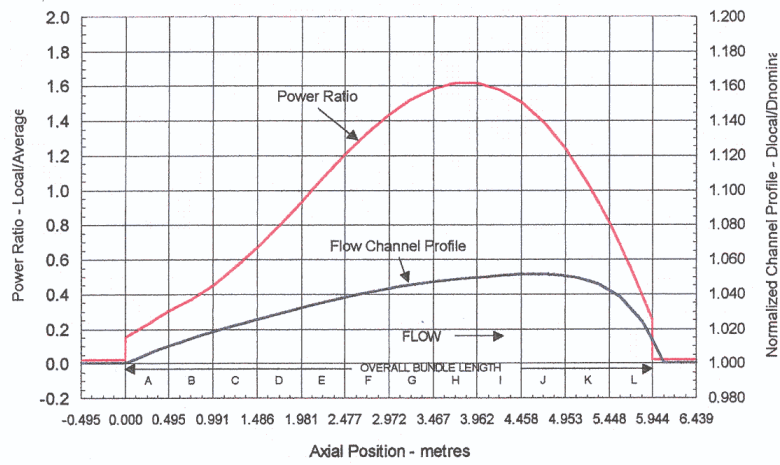


Figura 1 Perfil axial de potencia y de diámetro interno de canal utilizados en los ensayos del Stern Lab.

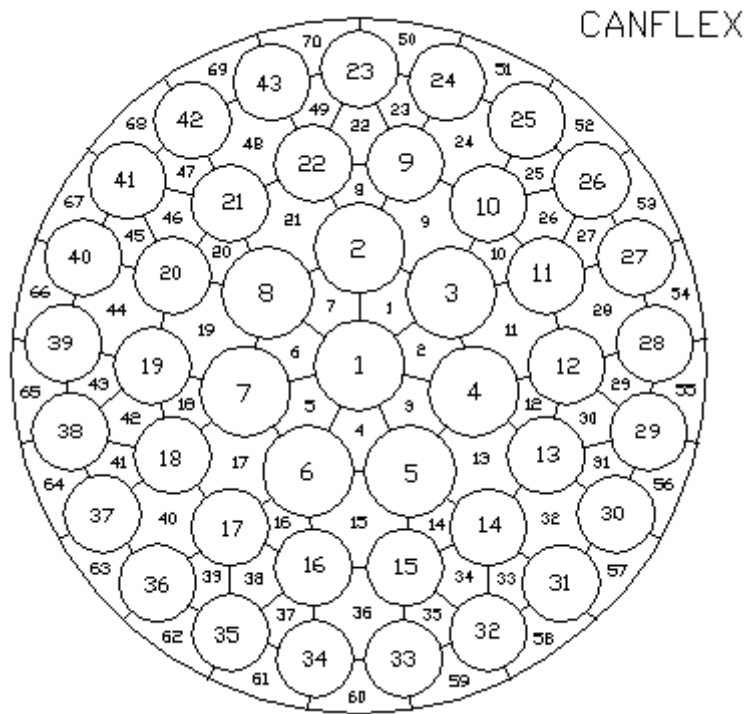


Figura 2 Modelo de subcanales y barras desarrollado para el código COBRA .

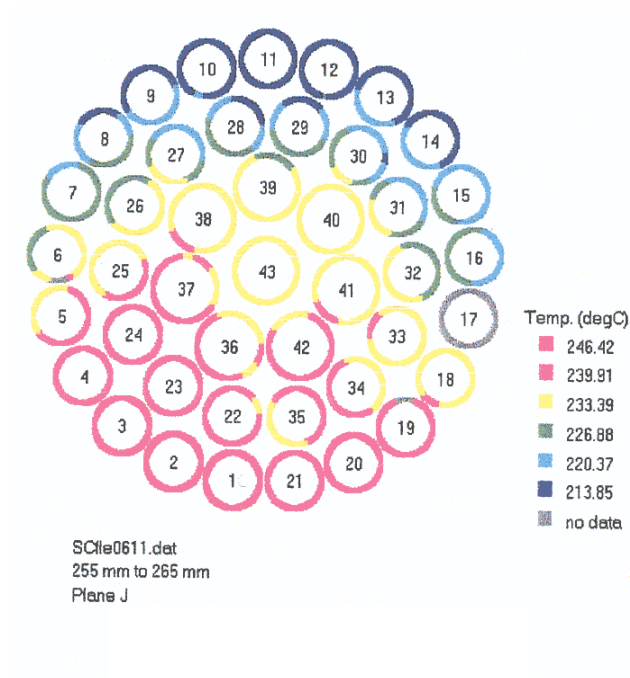


Figura 3 Perfil transversal de temperaturas medidas por Stern Lab. sobre E.C. CANFLEX

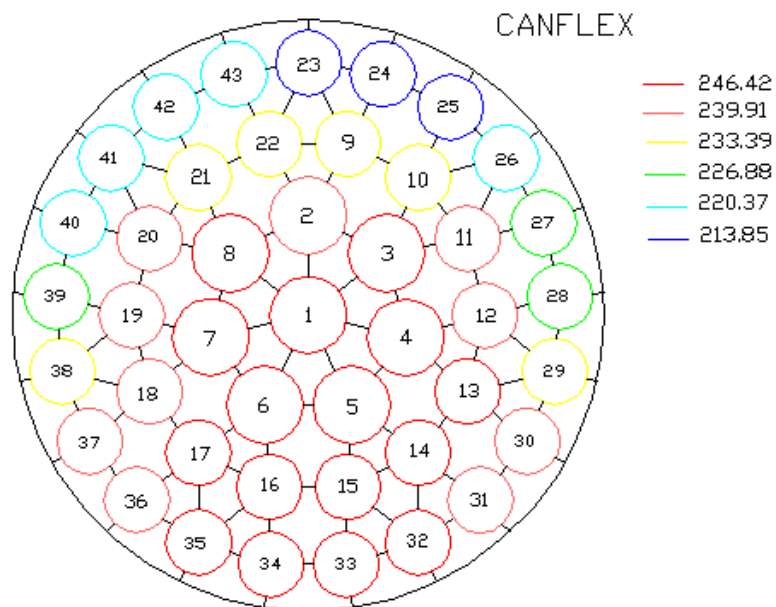


Figura 4 Perfil transversal de temperaturas calculadas por COBRA

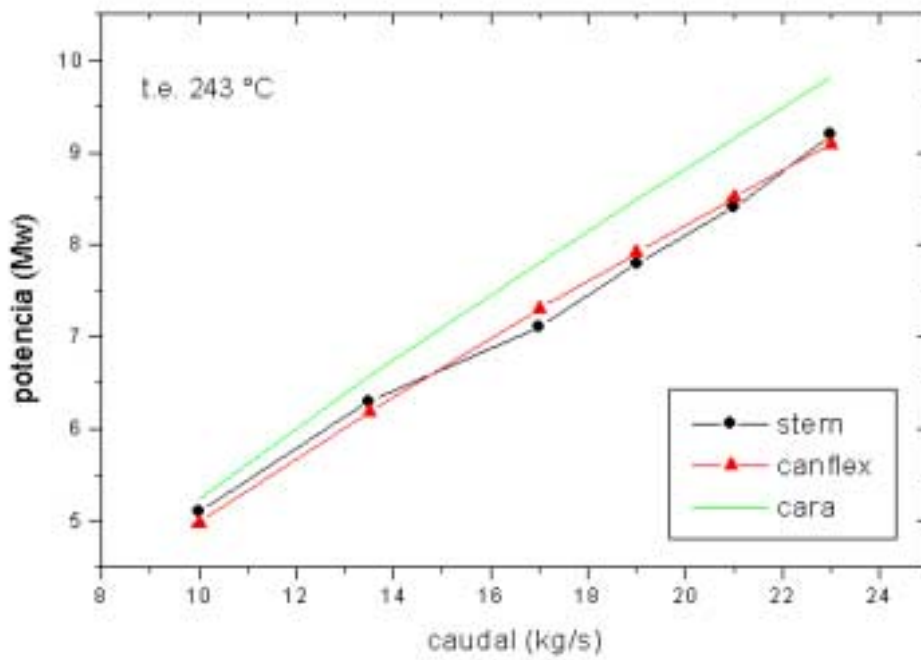


Figura 5 - Potencias medidas y calculadas de "dry-out" para Canflex y Cara .- Temperatura de entrada 243 °C

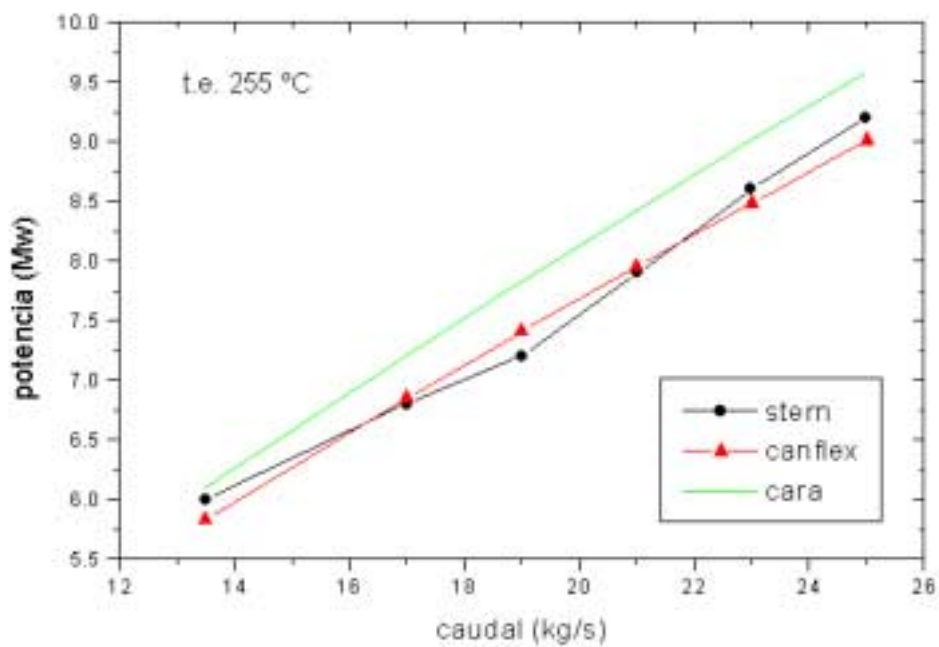


Figura 6 - Potencias medidas y calculadas de "dry-out" para Canflex y Cara .- Temperatura de entrada 255 °C

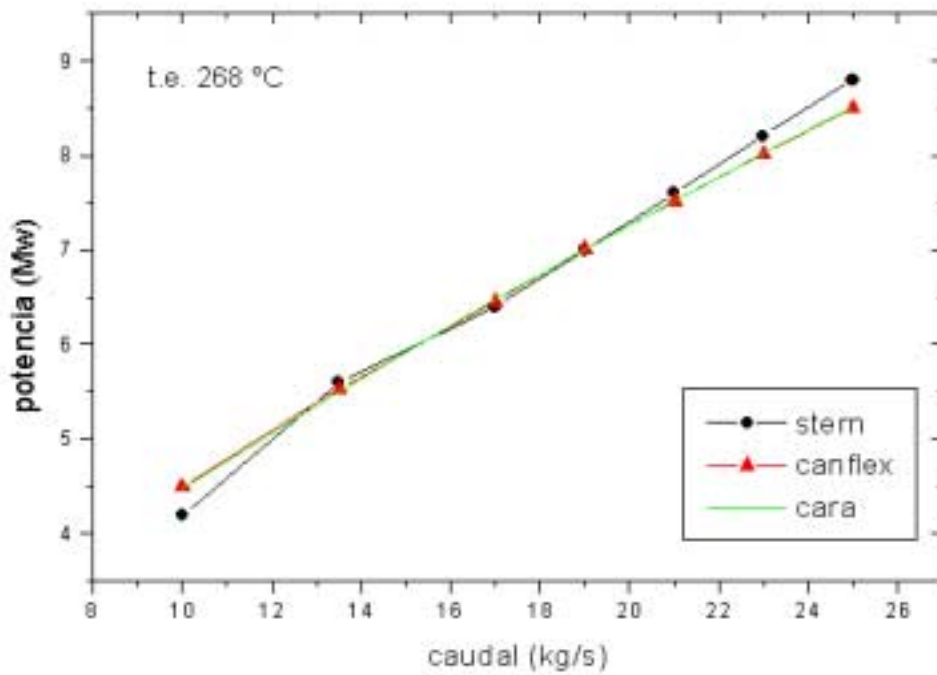


Figura 7 - Potencias medidas y calculadas de "dry-out" para Canflex y Cara .-
Temperatura de entrada 268 °C

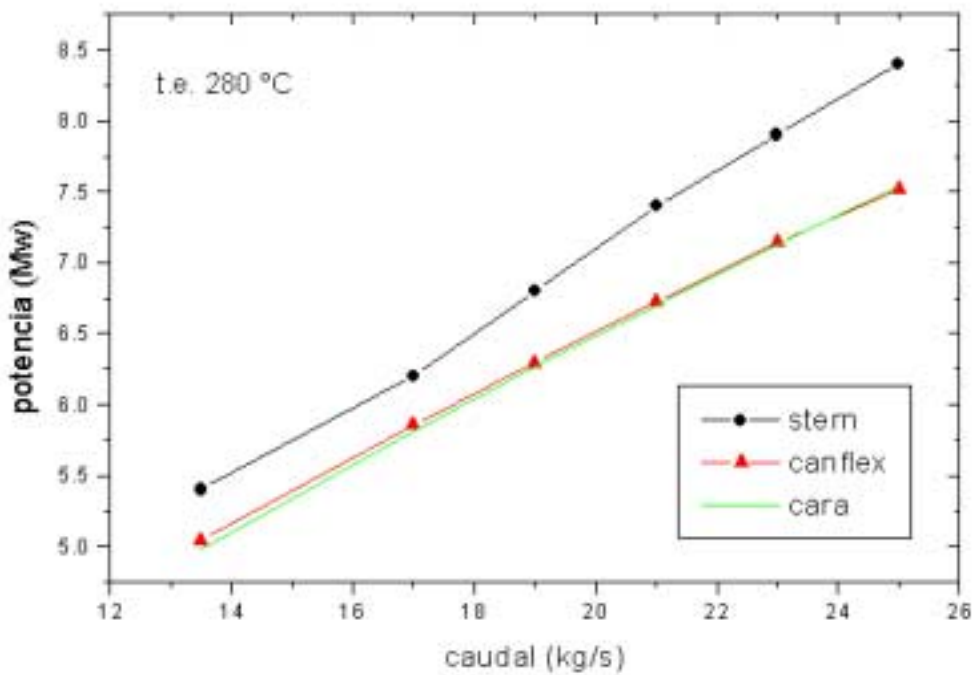


Figura 8 - Potencias medidas y calculadas de "dry-out" para Canflex y Cara .-
Temperatura de entrada 280 °C

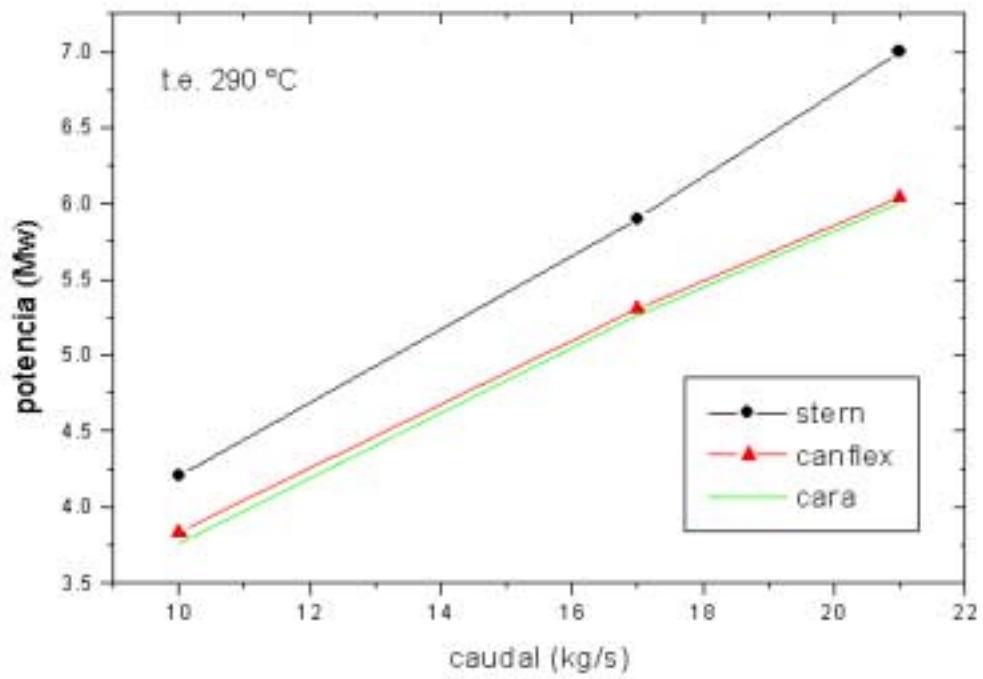


Figura 9 - Potencias medidas y calculadas de "dry-out" para Canflex y Cara .-
Temperatura de entrada 290 °C

VALIDATION OF THE COBRA CODE FOR DRY OUT POWER CALCULATION IN CANDU TYPE ADVANCE FUELS

Stern Laboratories perform a full scale CHF testing of the CANFLEX bundle under AECL request . This experiment is modeled with the COBRA IV HW code to verify it's capacity for the dry out power calculation . A very good results were obtained, errors below 10 % with respect to all data measured and 1 % for standard operating conditions in CANDU reactors range . This calculations were repeated for the CNEA advance fuel CARA obtaining the same performance of the CANFLEX fuel .