

PASTILLAS COMPENSADORAS PARA AJUSTAR LA LONGITUD DE LA COLUMNA
COMBUSTIBLE DEL ELEMENTO COMBUSTIBLE TIPO CANDU 600

J.M. Fiori, H.F. Helbing, J.A. Casario
GERENCIA COMBUSTIBLES NUCLEARES (CNEA)

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1985

1. INTRODUCCION

En la Central Nuclear de Embalse (CNE) se utiliza el elemento combustible (EC) del tipo CANDU 600.

El EC tipo CANDU 600 se compone de 37 barras combustibles unidas en sus extremos por sendas grillas. Cada barra combustible contiene 37 pastillas de dióxido de uranio natural.

Las columnas de pastillas de dióxido de uranio natural de cada barra combustible, antes de ser cargada debe ser ajustada a la longitud y tolerancia especificada en el diseño de detalle desarrollado por CNEA;

Para ajustar la longitud de la columna activa se utilizan pastillas combustibles de altura no estándar, que son las "pastillas compensadoras". Estas pueden ser obtenidas de dos formas:

- a) cortando una pastilla no estándar a la medida necesaria para cada una de las columnas;
- b) fabricando "ex-profeso" pastillas combustibles de compensación en varias alturas, preestablecidas, diferentes de la estándar.

En este trabajo se analiza la alternativa b), para ello se estudiaron varios juegos alternativos de pastillas de compensación, considerando simultáneamente diferentes tolerancias de fabricación.

Con el uso de pastillas de compensación, el armado de las BC consta de los siguientes pasos:

1. Apilamiento horizontal de las N-1 pastillas estándares, extraídas al azar del lote de fabricación.
2. Medición de la columna semiarmada para clasificarla en alguno de los intervalos arbitrarios en que se subdividió la banda esperada de dispersión.
3. Adición a la columna parcial de una pastilla compensadora extraída al azar.
4. Medición de la longitud de la columna completa para establecer si está comprendida en el rango especificado.
5. En caso de no verificarse la longitud especificada -por exceso o por defecto- se extrae la pastilla compensadora de la columna y se prueba con otra pastilla compensadora de la misma altura nominal, vale decir que se repiten los pasos 3, 4 y 5.

2. HIPOTESIS Y CONDICIONES DE CALCULO

En los cálculos se aplicaron las siguientes hipótesis y condiciones:

- . Las alturas de las pastillas combustibles, incluidas las compensadoras, son independientes unas de otras.
- . Las pastillas, incluidas las compensadoras, son tomadas al azar para armar cada columna.
- . Las alturas de pastillas, incluidas las compensadoras, están normalmente distribuidas.
- . Durante el armado y ajuste de columnas se requiere mantener poblaciones mínimas de pastillas de altura estándar y de compensación de manera que no se afecte la distribución normal del lote al retirar pastillas.
- . El promedio de las alturas de las pastillas fabricadas, incluidas las compensadoras, coinciden con los valores medios-nominales establecidos en el diseño.
- . El intervalo de tolerancia de la altura de las pastillas incluidas las compensadoras, centrado en el valor medio, es igual a seis desviaciones tipo ($\pm 3\sigma$) que involucran al 99,73% de los especímenes de cada lote.

La altura de las pastillas es obtenida directamente en el proceso de sinterización, sin mecanizados. Se comprobó experimentalmente que las alturas se distribuyen normalmente, bajo condiciones dadas y estabilizadas de producción. La verificación se efectuó con el análisis estadístico de los datos obtenidos en el control de calidad de las pastillas combustibles fabricadas en la PP-FECN-A (CNEA) para la serie XD de EC CNA-1.

En la fig. 1 se observa el histograma construido en base a la información recogida y aproximada por una curva que se aproxima a una "campana de Gauss". Se tomaron las alturas de aproximadamente 5.200 pastillas combustibles obtenidas por muestreos al azar sobre una producción de 3.200.000 pastillas. Sobre una altura especificada por el diseño de 12 ± 1 mm, en producción se obtuvo $11,97 \pm 0,50$ mm significando que la tolerancia natural obtenida en el proceso es la mitad de la tolerancia especificada por el diseño.

Las condiciones establecidas en este estudio fueron:

- 1.- Utilización de una única pastilla compensadora por columna combustible.
- 2.- La altura de las pastillas compensadoras deben ser mayores que 6 mm, por razones de fabricación.
- 3.- Los valores nominales de las alturas de las pastillas de compensación son establecidos en milímetros enteros por razones de fabricación y control.
- 4.- Las tolerancias de las pastillas de compensación son iguales que para las pastillas estándares.

Para los cálculos se utilizaron los siguientes datos dimensionales:

- . Longitud de la columna activa, especificada en el diseño de detalle desarrollado por CNEA: $L \pm 1$.
- . Altura especificada de pastilla combustible estándar h.
- . N pastillas por columna activa: (N-1) pastilla estándar y una de compensación.

- . La longitud media de la columna semiarmada: $(N-1).h$.
- . La dispersión de la columna semiarmada $\Delta = \pm 3\sigma$.

La dispersión Δ supera en varias veces la tolerancia especificada para la longitud de la columna completa. Esto demostró que es imposible satisfacer todo el rango de la discrepancia con una única pastilla compensadora.

3. CALCULO DE UN JUEGO DE PASTILLAS

Las longitudes de columnas semiarmadas se distribuyen según una gaussiana centrada en el valor $(N-1).h$ y con desviación típica $\sigma = 1/3\Delta$. El rango de la distribución Δ es subdividida en varias zonas según el número de pastillas compensadoras por juego, que se desea utilizar. Se adoptó tres zonas o sea tres alturas de pastillas compensadoras, fig. 2. Adoptando una tolerancia de diseño para la altura y centrando la altura nominal de cada tipo de pastilla de compensación (redondeada al milímetro) en cada uno de los tres intervalos se obtuvieron distintos juegos de pastillas de compensación.

Adoptando tres zonas o sea tres alturas de pastillas compensadoras, como ejemplo se obtuvo el juego mostrado en la fig. 2:

$$\begin{aligned} A_1 &= 13 \text{ mm} \\ A_2 &= 11 \text{ mm} \\ A_3 &= 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que tanto las longitudes de las columnas semiarmadas como las alturas de pastillas siguen una distribución normal es sencilla calcular la probabilidad de armado en el primer intento, cuando el operario toma una pastilla compensadora por primera vez. Los valores obtenidos para el juego A con la tolerancia adoptada fueron:

$$\begin{aligned} A_1 &- 96\% \\ A_2 &- 99\% \\ A_3 &- 99\% \end{aligned}$$

Además del cálculo analítico se efectuó una simulación de armado de columnas en base a números aleatorios de distribución normal, obteniéndose valores muy cercanos a los calculados.

El método se aplicó para determinar distintos juegos de pastillas compensadoras variando las tolerancias especificadas para la altura entre $\pm 0,5$ a $\pm 1,0$ mm y dividiendo la dispersión Δ en diferentes números de zonas. Incrementado la tolerancia de la altura y/o reduciendo el número de zonas en Δ se reduce la probabilidad de ajustar la longitud de la columna completa con el primer intento y en los intentos posteriores. También se calcularon las cantidades necesarias de cada tipo de pastilla compensadora.

Se seleccionó preliminarmente un juego de tres alturas de pastillas compensadoras - una de las cuales coincide con la altura estándar - y con tolerancias corrientemente obtenibles. Este juego presenta un óptimo comportamiento probabilístico calculado. El juego deberá ser puesto a prueba y ajustado durante la producción industrial del combustible para la CNE. Este método puede ser implementado en la línea de montaje de forma tal que el operario toma la pastilla de altura apropiada según la indicación automática del medidor de longitud.

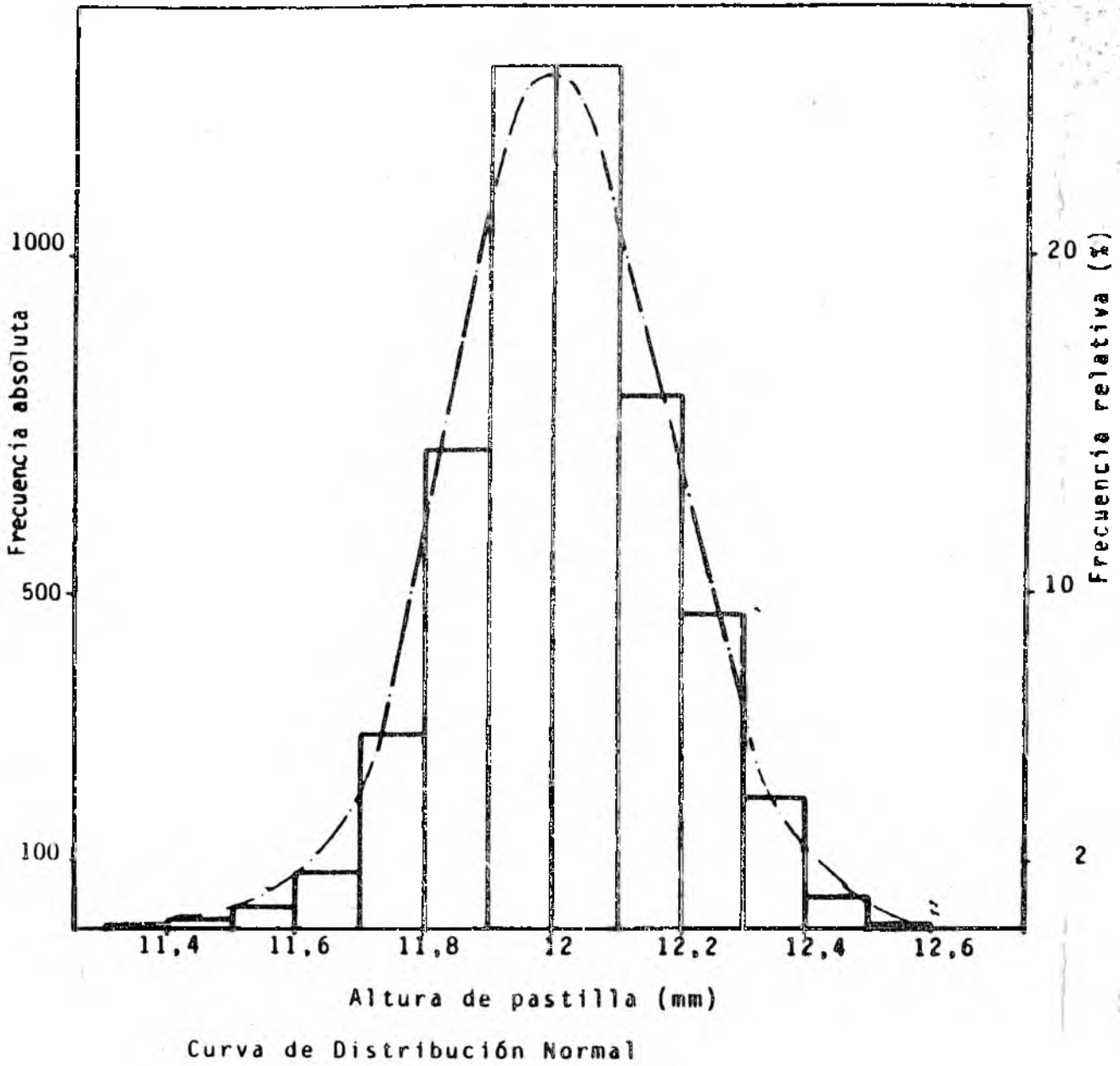


FIG. 1 . Histograma de las alturas de todas las pastillas involucradas en las muestras.

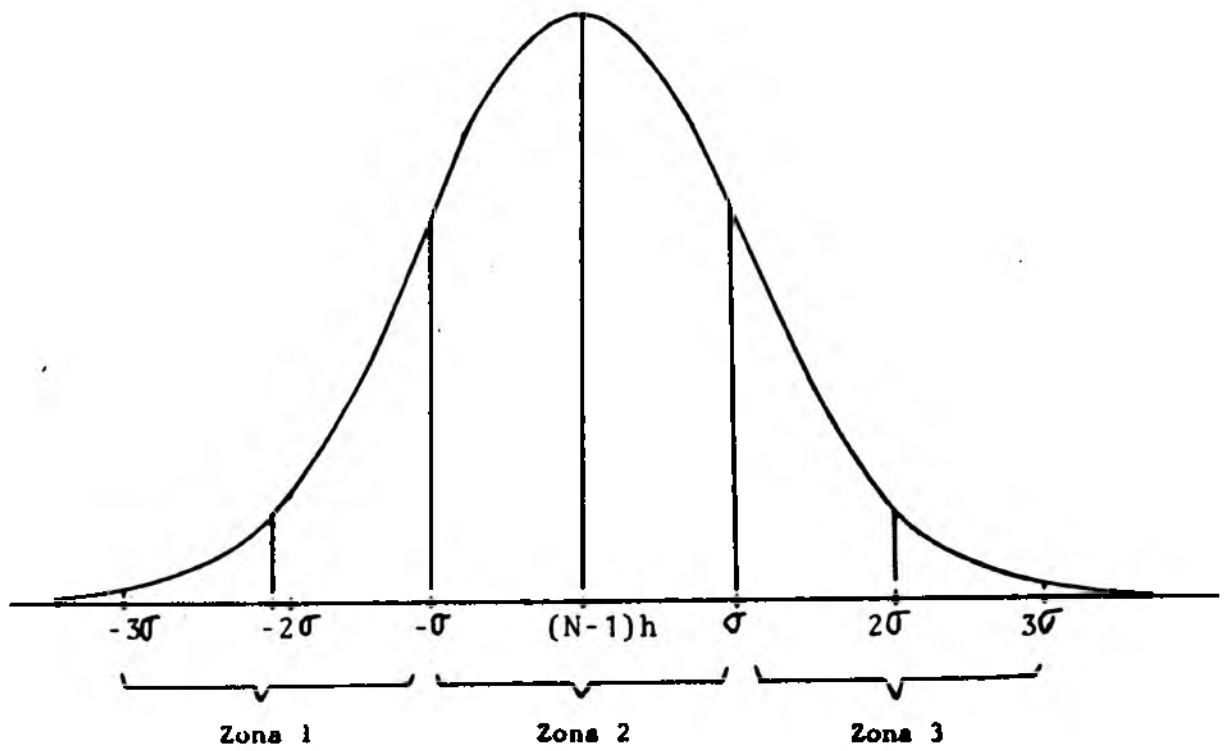


FIG. 2. Distribución de zonas para columnas semiarmadas (en mm)