

05.85.03

(08.85.00)

OPTIMIZACION HIDROMETRICA PARA EL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES TERMICAS
EN LA CUENCA DEL PLATA - CENTRALES NUCLEARES EN ATUCHA.

H.R.Gómez, G.E.Maggio, C.R.Trípoli.

Comisión Nacional de Energía Atómica- Dirección de Radioisótopos y Radiaciones.

Este trabajo consiste en la determinación de cotas hidrométricas extremas en el Paraná de las Palmas, sección Atucha, con el fin de asegurar el adecuado suministro de agua para la refrigeración de las centrales nucleares. Es decir, la cota máxima determinaría el mínimo nivel al que debe emplazarse la sala de bombas, en tanto de la cota mínima fijaría un límite para la ubicación de las bocas de toma de manera de disponer del caudal necesario aún en bajantes extremas.

Para alcanzar estos objetivos se recurrió al análisis estadístico de los registros hidrométricos de un conjunto de estaciones de aforo, complementados con otras técnicas. Como conclusión de este estudio surgió que las centrales nucleares en Atucha se encuentran emplazadas en un punto que constituye una singularidad desde un punto de vista hidrométrico, concepto este que se aclarará más adelante.

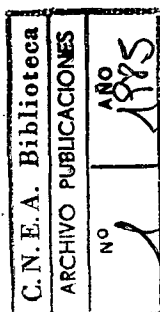
Dado que todo estudio estadístico debe basarse en un conjunto de datos confiables, se seleccionaron ciertas estaciones de aforo, ubicadas en las proximidades de Atucha caracterizadas por poseer registros con una suficiente continuidad y confiabilidad.

Como consecuencia de un análisis histórico que incluyó la recopilación de datos complementarios sobre vientos, mareas y lluvias y estudios de correlación y consistencia se seleccionaron las estaciones de aforo de Rosario, San Pedro, Las Palmas-Guazú, Zárate, Las Palmas-Las Rosas y Riachuelo, algunas con hasta 100 años de registro ininterrumpidos.

Una vez en posesión del conjunto de datos mencionado puede aplicarse el análisis estadístico al cual consiste en asignar a cada cota hidrométrica o caudal una probabilidad de ser igualado o superado en un lapso dado, en general un año. Sin embargo es preferible referirse no a probabilidades sino a períodos de retorno que son sus valores recíprocos. Así hablar de un período de recurrencia de 100 años es similar a decir que la probabilidad anual es de 0,01.

Dado que Atucha se halla en una zona de plena transición entre un régimen fluvial regido por las lluvias en la alta cuenca y un régimen de estuario gobernado por los vientos sobre el Río de la Plata, no es posible establecer una relación biunívoca entre niveles de agua y caudales razón por la cual se trabajó exclusivamente con cotas hidrométricas.

Cada registro anual, en cada estación de aforo, constituye una muestra estadística que puede ajustarse por una función de dis-



tribución. En este caso debe hallarse la función que mejor responda a la distribución conjunta de los n valores máximos o mínimos anuales a lo largo de n años, no pudiéndose emplear la función normal que sería la más apta para el ajuste de los promedios anuales.

La teoría de valores extremos considera este tipo de problemas partiendo de la distribución inicial de los datos históricos. La función Tipo I es aplicable a distribuciones iniciales con colas ajustables por exponenciales, la función Tipo II a distribuciones de Cauchy y la Tipo III a distribuciones truncadas. Otras dos funciones además de éstas son de amplia utilización en hidrología estadística, ellas son la Log-Pearson III y la función de Galton o Log-normal.

En este estudio fue empleada la función de Gumbel o Tipo I para el ajuste de todas las estaciones aguas abajo de Rosario tanto para crecientes como para estiajes. Su expresión matemática es la siguiente:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

$$y = \alpha(x-u)$$

Siendo $F(y)$ la función de distribución de la variable reducida y la cual está vinculada con la variable aleatoria original x (cotas hidrométricas) por medio de una relación lineal en la cual α y u son los parámetros de ajuste.

La técnica del análisis estadístico puede resumirse en los siguientes pasos (válidos para crecientes)

1- Se ordenan los n valores extremos en forma decreciente, dando a cada uno un número de orden i independiente del año en que ocurrió el suceso. El máximo histórico será entonces x_1

$$x_1 > x_2 > \dots > x_i > \dots > x_n$$

2- Se asigna a cada valor tabulado un nivel de probabilidad p que representa el riesgo de que las aguas superen anualmente dicho valor

$$p = \frac{1}{T} = 1 - F(y)$$

Dado que por definición, la función de distribución es la probabilidad de que la variable aleatoria resulte menor o igual a un cierto valor.

Existen varias fórmulas sencillas para obtener los valores de p_i todas ellas dependiente del número de orden i de cada dato y del número total de los mismos (n). Muchos autores recomiendan el uso de la siguiente expresión como la más apropiada:

$$p_i = \frac{1}{n+1}$$

3- Se calculan los valores de la variable reducida y a partir de la expresión de Gumbel:

$$y_i = -\ln \left(\ln \frac{1}{1-p_i} \right)$$

4- Se determinan los valores de α y de u que mejor ajusten la recta $y = \alpha(x - u)$. Para ello pueden emplearse los métodos estadísticos clásicos tales como máxima verosimilitud, momentos o cuadrados mínimos.

La guía de seguridad Nº 50-SG-5 11A recomienda la aplicación del método de Lieblen que es una modificación del método de los momentos fácilmente adaptable al uso de computadoras. Sin embargo otros autores consideran que el ajuste por cuadrados mínimos es el que brinda mejores resultados.

En este caso se recurrió a la obtención de la recta de regresión ortogonal aplicando cuadrados mínimos minimizando así los errores tanto en abscisas como en ordenadas. Este es el método sugerido por el propio Gumbel en sus trabajos originales.

Todos estos pasos fueron realizados por un programa de computación que efectúa también el cálculo de un conjunto de parámetros estadísticos con el fin de comparar mejor las diversas estaciones de aforo. La secuencia aquí descrita para el ajuste de máximos fue también aplicada para el caso de mínimos o estiajes.

Posteriormente el estudio fue extendido para localidades ubicadas aguas arriba de Rosario hasta Posadas empleando la función de Gumbel para el ajuste de crecidas y la de Galton o Log-normal para bajantes dado que la distribución Tipo I no permitía obtener elevados coeficientes de correlación para estiajes.

En la Fig.1 se muestra un gráfico de diferencias entre crecidas y bajantes para igual período de retorno a partir de la cual se llega a la conclusión que en los alrededores de Atucha existe una singularidad hidrométrica entendiéndose por tal un punto en el cual dicha diferencia es mínima. Esto implica que, cualquiera sea el período de retorno de diseño, la diferencia entre los niveles de emplazamiento de la sala de bombas y su punto de toma será mínima con las consiguientes ventajas económicas.

Como complemento de este estudio se recurrió al análisis estocástico el cual consiste en generar en forma sintética, a través de un programa de computación una serie de cotas extremas mediante una función apropiada, tal como las llamadas cadenas de Markov que permiten conservar algunas propiedades estadísticas de la serie histórica.

En el presente caso se recurrió a una cadena de Markov de primer orden en la cual cada suceso generado resulta función del anterior y está constituido por dos componentes, uno determinístico y otro aleatorio. Este último término debe seguir la ley estadística que mejor represente el fenómeno en estudio, habiéndose empleado aquí la función de Gumbel.

De esta manera fue posible generar 5000 años de cotas hidrométricas y a partir de esa serie sintética calcular una vez más las probabilidades. Los resultados fueron aproximadamente coincidentes con los obtenidos mediante el análisis estadístico.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Ven Te Chow
"Handbook of applied hydrology"
Mc Graw Hill- New York (1965).
- 2- R.K.Lindsley- M.A.Kohler- J.L.H.Paulus.
"Hidrología para ingenieros".
Mc.Graw Hill (1977).
- 3- United Nations.
"Assessment of the magnitude and frequency of flood flows.
Transactions of an inter-regional seminar".
Water Resources Research Series Nº 30. New York (1967).
- 4- E.J.Gumbel.
"Méthodes graphiques pour l'analyse des débits de crue".
La Houille Blanche Nº 5 (1956).
- 5- J.Bernier.
"Sur l'application des diverses lois limites des valeurs extrêmes
au problème des débits de crue".
La Houille Blanche Nº 5 (1956).
- 6- International Atomic Energy Agency.
"Extreme meteorological events in nuclear power plant siting,
excluding tropical cyclones".
Safety Series Nº 50- SG-S 11A- Vienna (1981).
- 7- H.R.Gómez- G.E.Maggio- C.R.Trípoli.
"Análisis de cotas hidrométricas extremas en el emplazamiento de
centrales nucleares".
C.N.E.A.- NT 10/83. Buenos Aires (1983).

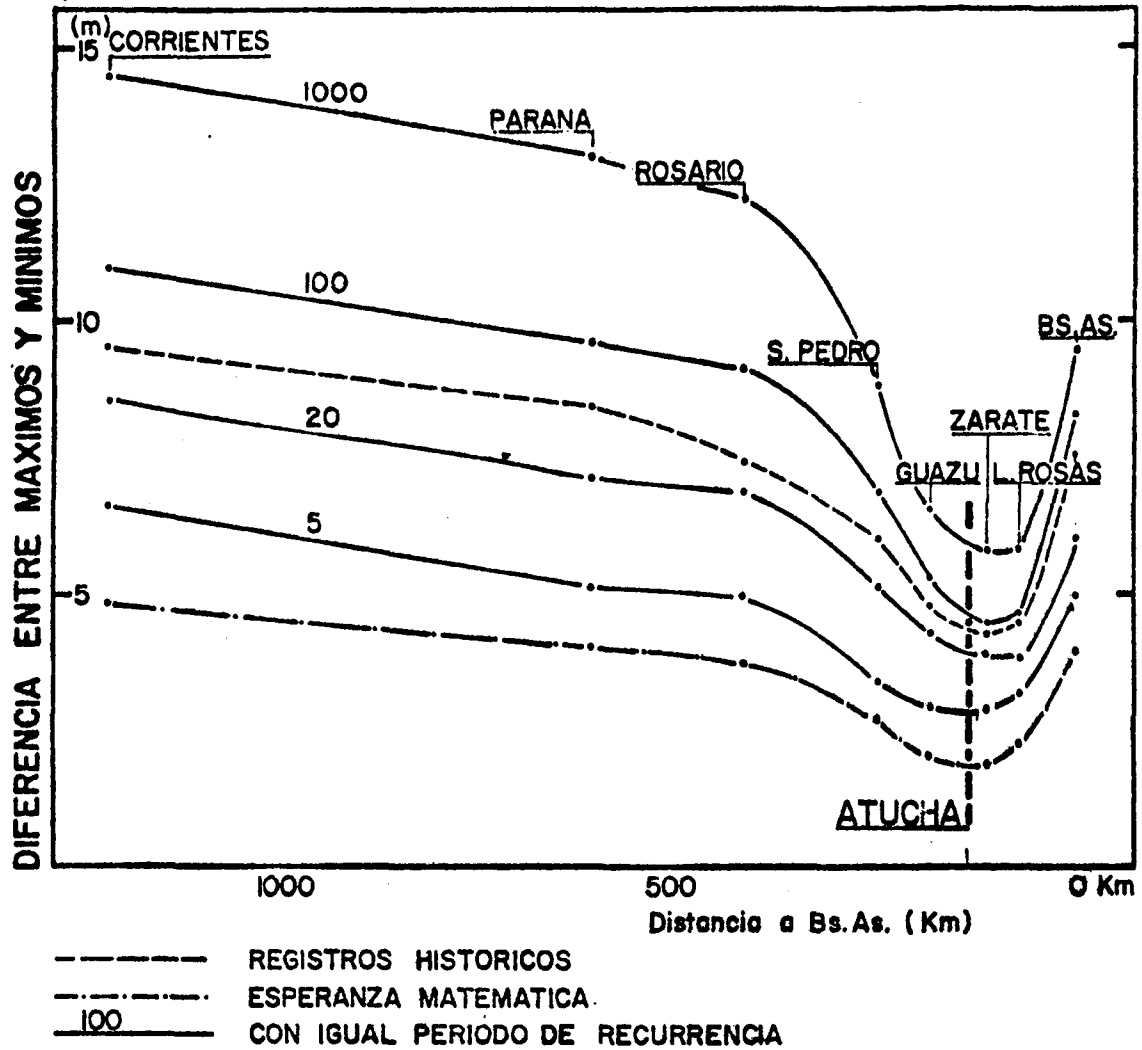


Figura : I