

Valoración de los parámetros estadísticos de las corrientes eléctricas en las turbonadas *

**Armando PASCUAL GARCIA
y **Mayra RUIZ PERERA

RESUMEN. *En el presente trabajo se comprueba la distribución de probabilidades propuesta por Remisov y Pascual en 1982, para describir la intensidad pico de las corrientes eléctricas, utilizando una data experimental obtenida por diversos autores bajo diferentes condiciones geofísicas. A partir de esta distribución, fueron calculados los parámetros que caracterizan estadísticamente las intensidades de las corrientes en los relámpagos y que permiten un estimado cualitativo de la peligrosidad de las tormentas eléctricas como desastres naturales.*

INTRODUCCIÓN

El estudio de las corrientes eléctricas asociadas a los rayos que se producen en las tormentas, es de importancia para determinar su actividad eléctrica y consecuentemente, conocer el grado de peligrosidad de estas.

Un ejemplo de la importancia del estudio de estos fenómenos electroatmosféricos es la utilización de criterios de actividad eléctrica en la planificación física de las construcciones, tanto industriales como urbanas. La confección de una carta que contenga información sobre la densidad superficial de las descargas eléctricas por zonas o regiones de valores similares, es un trabajo, que por su importancia económica merita ser realizado con el apoyo de organismos beneficiarios como son los

Ministerios de la Construcción, Industria Básica y Comunicaciones, entre otros.

La medición de las corrientes eléctricas de forma directa presenta dificultades técnicas por la complejidad de su realización. En este sentido, las mediciones del ruido atmosférico conformado por las radiaciones electromagnéticas de los relámpagos, conocidos también como atmosféricos, es un método sencillo y económico de estudiar la distribución de las corrientes pico en las tormentas.

*Manuscrito aprobado en junio de 1989.

**Instituto de Geofísica y Astronomía de la Academia de Ciencias de Cuba.

Con frecuencia, se ha utilizado la distribución log-normal para describir estadísticamente las intensidades de las corrientes, aunque no siempre se ha encontrado una concordancia satisfactoria con los datos experimentales, de acuerdo con los resultados de Popalansky (1972): Uman *et al.*, (1973) y Golde (1977).

Remisov y Pascual (1982), propusieron una distribución más general para las co-

rrientes pico, basado en un modelo estadístico elaborado por uno de los autores para descubrir el ruido atmosférico (Remisov, 1974), que contiene un método cualitativo para caracterizar la actividad de las tormentas eléctricas.

El objetivo del presente trabajo es la comprobación de la distribución propuesta con una data experimental amplia y diversa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se recopilaron todos los datos experimentales conocidos de mediciones directas de las distribuciones de probabilidad de las corrientes eléctricas en los relámpagos, asociados tanto a procesos específicos de descarga, como a una información general de las corrientes eléctricas registradas.

Todos los datos experimentales repor-

tados por diversos autores (Mc Cann, 1944; Malan, 1962; Müller-Hillebrand, 1965; Popalansky, 1972) se elaboraron utilizando el criterio de mínimos cuadrados mediante el modelo propuesto.

Para la interpretación de los resultados se utilizaron los parámetros estadísticos de ruido atmosférico VLF obtenidos en la URSS y en Cuba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de probabilidad de las corrientes pico $P(\lambda > I)$, en las descargas eléctricas propuestas a partir del modelo

$$P(\lambda > I) = -\exp \{ -e^{-2m + 2.5} [(\ln I)^m + (\ln I_M)^m] \} \quad (1)$$

donde: I - intensidad de las corrientes eléctricas en kA, I_M - intensidad mínima observada para la distribución de las corrientes en kA y m - parámetro adimensional de ajuste de la distribución.

En esta expresión todos los valores están normalizados en sus unidades respectivas.

La densidad de probabilidad de acuerdo con (1) está dada por:

$$W(I) = \frac{\pi}{2} \frac{I_0}{I_M} m (\ln I)^{m-1} \cdot F(I) \quad (2)$$

estadístico del ruido atmosférico tiene la siguiente forma (Remisov y Pascual, 1982):

donde:

$$F(I) = \frac{1}{I\sigma_I\sqrt{2\pi}} \exp \left[\begin{array}{c} -(\ln I)^m \\ 2\sigma_I \end{array} \right] \quad (3)$$

siendo:

$$\sigma_I = 1/\sqrt{2e^{-2m + 2.5}}$$

En esta fórmula, I_0 se interpreta como un índice de intensidad análogo al obtenido para el ruido atmosférico, que está definido por la intensidad de corriente alcanzada con una frecuencia igual a la unidad (Remisov y Pascual, 1982).

La expresión (3) es la distribución log-normal para el caso particular en que $m = 2$. Por lo que la distribución (1) es más general que la log-normal, ya que está multiplicada por otra función para este caso particular.

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la aproximación por el criterio de mínimos cuadrados de las distribuciones experimentales obtenidas por diversos autores (McCann, 1944; Müller-Hillebrand, 1965; Popolansky, 1972; Golde, 1977).

TABLA 1. Resultados de la aproximación por mínimos cuadrados de las distribuciones experimentales de diferentes autores. I_{M1} - valores calculados de intensidades de corrientes. I_{M2} - valores experimentales de intensidades de corrientes. Ambos valores están expresados en kA. Abreviaturas utilizadas: a) primera descarga, b) todas las descargas, c) descarga de retorno, d) primera descarga negativa, e) descargas negativas subsiguientes y f) descargas positivas.

Autor y Año (descargas consideradas)	r	m	ζ_m	I_{M1}	I_{M2}
Mc Cann, 1944 (a)	0,94	2,31	0,64	1,2	2,4
Mc Cann, 1944 (b)	0,98	1,39	0,48	1,0	1,0
Malan, 1962 (c)	0,96	1,83	0,66	1,0	1,0
Wagner, 1963 (c)	0,99	3,15	0,42	1,0	7,0
Müller-Hillebrand, 1965 (c)	0,99	2,63	0,31	3,0	10,0
Popolansky, 1972 (c)	0,99	3,50	0,45	1,0	2,0
Berge <i>et al.</i> , 1975 (d)	0,99	5,24	0,70	1,3	5,0
Berge <i>et al.</i> , 1975 (e)	0,98	4,88	0,54	1,0	2,0
Berge <i>et al.</i> , 1975 (f)	0,99	2,58	0,38	7,8	9,0

Las distribuciones utilizadas representan diferentes procesos de descargas, lo que se aclara en la segunda columna de la Tabla 1.

En todos los casos, el coeficiente de correlación fue significativamente alto, y sólo en tres ocasiones su límite inferior, con un nivel de confianza de 95 %, resultó menor que 0,9.

El parámetro m varía entre 1,4 y 5,24, aproximándose a 2, sólo en dos casos. El valor medio de m para un ruido atmosférico bajo diferentes condiciones geofísicas (Tabla 2), de acuerdo con Remisov (1974), sólo coincide con el obtenido, cuando en la distribución se consideran todos los tipos de descargas, lo que confirma la hipótesis de que este parámetro es un índice de intercambio de corrientes que ocurre

en el proceso estudiado; y sólo cuando es promediado para diferentes fuentes, toma valores del orden de los reflejados en la Tabla 2, $m = 1,4$, $\zeta_m = 0,56$ (Remisov y Pascual, 1982).

Los valores de la intensidad mínima de las corrientes, obtenidos por el modelo utilizado, coinciden en dos casos, y en cuatro ocasiones no difieren significativamente ($\alpha = 0,05$), resultando superiores en tres casos, en comparación con los reportados experimentalmente (Tabla 1). Esto no contradice la experiencia, ya que como es conocido, una vez ocurrida una descarga, existen dificultades técnicas debidas a la imantación remanente de los equipos de registros, que no permite posteriormente la determinación experimental precisa de menores intensidades de corrientes.

TABLA 2. Valores de m y ζ_m para diferentes zonas climáticas.

Tipo de Zona	Estación	m	ζ_m
Tropical	Invierno	1,35	0,53
	Verano	1,46	0,58
Continental Templada	Verano	1,33	0,54
Ecuatorial	Verano	1,40	0,57
Polar	Verano	1,47	0,58

CONCLUSIONES

El parámetro m , que como dijimos es un índice de intercambio eléctrico, toma diversos valores, lo que significativamente sugiere que no siempre es conveniente utilizar una distribución de tipo log-normal

para caracterizar este tipo de proceso.

Finalmente, podemos afirmar que se obtuvo una buena concordancia del modelo propuesto con un conjunto diverso y significativo de datos experimentales.

REFERENCIAS

- Golde, R. H. (1977): *Lightning*. Academic Press, Londres, t 1, 315 pp.
- Malan, D. J. (1962): Lightning counter for flashes to ground in GA Discharges and the Electricity Supply Industry. *Proc. Intern. Conf. Central Electricity Res. Lab*, Leatherhead, pp. 54-62.
- Mc Cann, G. D. (1944): The measurements of lightning currents in direct strokes. *Trans IEE*, 63: 1157-1164.
- Müller-Hillebrand, D. (1965): Lightning protection in problems of atmospheric and space electricity. *Proc. 3rd Intern. Conf. Atmos. and Space Electricity*, Montreux, pp. 408-429.
- Popolansky, F. (1972): Frequency distribution of amplitudes of lightning currents. *Electra*, 22: 139-146.
- Remisov, L. T. (1974): *Investigaciones en el campo de la radio-técnica y la electrónica* [en ruso]. Akademiia Nauk SSSR, Moscú, 471 pp.
- Remisov, L. T. y A. Pascual García (1982): Statistical method of estimation of thunderstorm source characteristics. *Proc. Intern. Conf. Atmos. and Space Electricity*, Oxfordshire, pp: A8-1-A8-7.
- Uman, M. A., D. K. Mc Lain, R. J. Fischer y E. P. Krider (1973): Currents in Florida lightning return strokes. *J. Geophys. Res.*, 78:3523-3529.
- Wagner, C. F. (1962): The Lightning stroke as related to transmission lines in GA Discharges and the Electricity. *Supply. Industry. Proc. Intern. Conf. Central Electricity Res. Lab.*, Leatherhead, pp:54-62.

Ciencias de la Tierra y del Espacio, 20, 1992

STATISTICAL ESTIMATION OF THE ELECTRIC CURRENT'S
PARAMETERS IN THE THUNDERSTORMS

Armando PASCUAL GARCIA
and Mayra RUIZ PERERA

ABSTRACT. In this paper, the probability distribution function of the current intensity peaks of thunderstorms proposed by Remisov and Pascual (1982) is verified by experimental data recorded by several authors under different geophysical conditions. Parameters that characterize current intensities in lighthings and enable a quantitative estimate of thunderstorn hazard, were determined from this probability distribution function. The log-normal distribution is the distribution proposed, and a confirmation of the physical interpretation of the distribution parameters is given.