

**Análisis de varianza para la
intensidad media del viento
en Puerto Madryn**

por
María M. Rivero

**Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas
Secretaría de Estado de
Ciencia y Tecnología**

Marzo 1980

**Centro Nacional Patagónico
Contribución N°. 28**



**CENTRO
NACIONAL
PATAGONICO**



**CENTRO NACIONAL PATAGONICO
CONTRIBUCION Nº. 28**



MARZO 1980



**Análisis de varianza para la intensidad media
del viento en Puerto Madryn**



por

María M. Rivero



Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET
Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología - SECYT
Centro Nacional Patagónico



28 de Julio esq. J. A. Roca - PUERTO MADRYN 9120

Chubut - Argentina



RESUMEN.-

Mediante un análisis de la varianza de la velocidad del viento en Puerto Madryn se trató de establecer la duración del período de medición necesario para que los promedios mensuales de intensidad de viento tengan una determinada significación estadística a los fines de su uso en aprovechamiento de la energía eólica y en estudios de difusión de contaminantes.

En base al cociente entre la varianza de las velocidades representativas de períodos de 6 horas y entre las velocidades representativas de períodos de un mes se calculó el número de observaciones cuadratriurnas independientes en el mes. Suponiendo que las observaciones independientes cumplen la ley normal se fijó un intervalo de confianza para el valor medio para que con una probabilidad del 90% el valor estimado no se aparte del verdadero valor en más del 10%. Con estos datos se halló el número de observaciones independientes necesarias para que la condición anterior se cumpla.

Para los meses de invierno se requieren períodos muy largos, entre 17 y 51 años debido a que los datos indican una variabilidad interanual poco probable y que posiblemente responda a errores de medición.

En la mayor parte de los otros meses los valores oscilan entre 2 y 5 años.

ABSTRACT.-

An analysis of the variance of the wind velocity in Puerto Madryn/ was made in order to determine how many data are needed to achieve a desired accuracy in the mean values of the wind velocity from a statistical point of view, and how long it will take to collect / these data, which will provide information to the wind energy con-

version systems and to the contaminants diffusion studies in the region.

The number of independent readings in the month was calculated in base to the rate of the total variance of the observations for the particular month and the interannual variance of the monthly averages of that month.

Assuming that the independent readings follow the normal law, there was found how many data were needed to be 90% confident, that the true mean was within the 10% of the observed mean.

For winter months, very long periods were required: from 17 to 51 years. This is because of the big interannual variability which is little probable and possibly caused by observations errors.

The period required for the other months fluctuates between 2 and 5 years.

INTRODUCCION.-

Es bien conocido que la intensidad del viento, como la totalidad / de los parámetros meteorológicos presenta una variabilidad marcada en el tiempo. Ello es producto de fluctuaciones periódicas asociadas al ciclo diurno y anual y otras de más difícil predictabilidad y que a los efectos de determinar las componentes periódicas pueden tratarse estadísticamente como ruido.

La fuerte autocorrelación que caracteriza a la mayor parte de las variables meteorológicas para períodos breves plantea el problema de que las observaciones no son independientes. Esto obliga a su vez a determinar en cada caso cual es el período de observación necesario para que una determinada estimación se pueda realizar con

menos de un error dado. Este procedimiento es generalmente soslayado en los trabajos climatológicos tomando una serie suficientemente larga (30 años) como para asegurar un margen pequeño de error.

Sin embargo en aquellos casos en que se deben realizar observaciones meteorológicas especiales para dar respuesta a una problemática concreta en períodos de tiempo prudencialmente cortos, es conveniente evaluar previamente caanto es ese tiempo mínimo.

En el caso que nos ocupa se trata precisamente de dos aplicaciones a problemas cuya respuesta no debiera demorarse, la estimación de la potencial contaminación por el desarrollo industrial de Puerto/ Madryn y la determinación de las características del viento para su uso como fuente energética. Por ello y mediante una técnica de análisis de varianza se trató la información preexistente, facilitada por el Servicio Meteorológico Nacional proveniente del Apostadero / Naval de Puerto Madryn.

Las conclusiones que se pueden obtener de este tratamiento son válidas en tanto sea cierta la hipótesis subyacente de que no existe un cambio climático persistente o que no se producirá en el futuro cercano. Aunque el grado de probabilidad de que ello ocurra como para invalidar las conclusiones es pequeño, no debe descuidarse y precisamente su análisis forma parte de otro trabajo que se realiza en el Centro Nacional Patagónico.

MATERIAL Y METODO

Se analizaron los datos de intensidad de viento en la estación de Puerto Madryn durante los años 1969, 1970, 1971 y 1972 en los que se contó con cuatro observaciones diarias, tomadas a intervalos de 6 horas.

Se tomó cada mes por separado y se calculó la varianza de los datos cuatridiurnos para ese mes en todos los años y la varianza de los distintos promedios mensuales a través de los distintos años, es decir una medida de la variabilidad interanual en el 2º caso.

El cociente entre la primera y la segunda varianza es una medida / del número de observaciones cuatridiurnas independientes en ese mes. Esto se calculó para todos los meses.

En base a la teoría de la estimación estadística se fija un intervalo de confianza para el promedio \underline{m} (promedio mensual de intensidad de viento). Teniendo N observaciones independientes la probabilidad de que el verdadero valor medio \underline{m} difiera del valor estimado en menos de un intervalo de confianza $\frac{K\sigma}{N}$, es igual a $(1 - \alpha)$.

$$P \left(\bar{x} - \frac{K\sigma}{\sqrt{N}} \leq m \leq \bar{x} + \frac{K\sigma}{\sqrt{N}} \right) = 1 - \alpha$$

σ es la varianza de las observaciones cuatridiurnas

N es el número de datos

K está tabulado según el valor de $(1 - \alpha)$ y para valores relativamente grandes de N sigue la distribución normal

Así se calcula el número de datos independientes N fijando un intervalo de confianza y un nivel de probabilidad $(1 - \alpha)$ hallando el valor K de la tabla de la distribución normal..

Para cada mes se fijó un intervalo de confianza del 10% del valor medio mensual estimado con una probabilidad del 95%.

El procesamiento de los datos provee los siguientes resultados:

La Tabla I muestra la marcha diurna promedio de la velocidad del viento para cada mes.

La Tabla II muestra en su segunda columna la marcha anual media de la velocidad con los promedios mensuales, en la tercera columna las varianzas entre los valores cuatridiurnos para cada mes (σ_{CTD}^2), en

la cuarta columna las varianzas entre los promedios diarios (σ_d) para cada mes y en la quinta columna las varianzas de los promedios mensuales (σ_M^2).

T A B L A I

Mes	V (02 hs)	V (8 hs)	V (14 hs)	V (20 hs)
I	7.8	11.9	11.4	9.1
II	8.4	10.7	12.1	9.4
III	9.2	9.6	10.8	8.9
IV	7.8	7.7	9.7	6.8
V	7.2	7.1	10.1	7.5
VI	8.0	8.8	9.8	7.6
VII	6.9	7.7	9.7	6.6
VIII	8.8	8.0	12.2	7.4
IX	8.5	8.9	11.6	8.6
X	9.8	11.4	12.8	8.9
XI	9.4	12.2	13.8	9.6
XII	9.7	13.0	14.3	10.0

T A B L A II

Mes	\bar{x}	σ_{CTD}^2	σ_D^2	σ_M^2
I	10.4	35.02	15.42	2.00
II	10.4	35.15	13.63	0.88
III	10.0	39.17	17.12	1.88
IV	8.4	34.26	22.08	6.88
V	8.4	37.26	21.74	6.54
VI	8.7	38.56	30.39	6.68
VII	8.0	31.88	18.19	11.99
VIII	9.5	40.75	21.66	5.45
IX	9.6	44.05	21.68	0.59
X	10.9	50.00	24.35	1.36
XI	11.5	39.43	20.92	1.99
XII	11.9	39.65	19.21	3.75

Con respecto a las varianzas entre los valores cuatridiurnos y dia rios, los valores que figuran en la Tabla se refieren al mes indicado y se calcula de la siguiente forma: La varianza de los datos cuatridiurnos para el mes de enero se halla tomando todas las observaciones de todos los eneros y calculando su varianza. Y así sucesivamente para cada mes. En cuanto a la varianza diaria, se calculó primero, día por día el viento diario promediando las cuatro observaciones y luego se tomó el conjunto de valores diarios para todos los eneros y se halló su varianza. Lo mismo se hizo para todos los meses.

Como es sabido que existe una marcha diurna (interhoraria) más o menos marcada se calculó esta marcha para cada mes (ver Tabla I) y se le restó a la varianza de las observaciones cuatridiurnas la varianza de la marcha diurna.

Para la varianza de los valores mensuales se usó otro procedimiento, en este caso se trata de la varianza de los promedios mensuales de año a año para el mes indicado, lo cual da la variación interanual del promedio mensual.

Mientras que las desviaciones standards de los valores cuatridiurnos y de los valores diarios indican la variabilidad en un año típico, las de los valores mensuales indican la consistencia entre los distintos años. Se ve que el σ_m^2 , y en consecuencia el σ_m , o sea la variabilidad entre los distintos años, aumenta en los meses IV, V, VI y VII junto con una disminución de la velocidad promedio lo cual mostraría una mayor variabilidad relativa interanual del viento en estos meses. Más adelante se obtendrán resultados cuantitativos de esto al calcular la longitud del período de recolección de datos.

Con la información de los datos procesados se puede calcular el número de mediciones independientes de la siguiente manera:

Llamamos σ_x^2 a la varianza del promedio de la muestra.

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sigma_x^2$$

σ_x^2 es la varianza de la variable x , N es el número de lecturas independientes y \bar{x} es el valor medio de la muestra.

Al tomar una muestra de datos representativos de intervalos cuatridiurnos (6 horas), diarios y mensuales esto queda expresado por la siguiente ecuación:

$$G_{x}^2 = \frac{1}{N_{CTD}} \quad G_{x_{CTD}}^2 = \frac{1}{N_{CTD}} \quad G_{x_{diarios}}^2 = \frac{1}{N_{mes}} \quad G_{x_{mes}}^2$$

el subíndice CTD significa cuatriddiurno

" " Mes " mensuales

Del 2º y 3º término:

$$\frac{G_{x_{CTD}}^2}{G_{x_{diarios}}^2} = \frac{N_{CTD}}{N_{diarios}}$$

Así dividiendo la varianza total de las lecturas cuatriddiurnas por la varianza total de los valores diarios se tienen el número de lecturas independientes en el día. De la misma forma se calculan el número de lecturas cuatriddiurnas independientes en el mes para cada mes tipo.

Se divide la varianza total de los datos cuatriddiurnos por la varianza mensual. Los valores correspondientes figuran en la siguiente Tabla.

T A B L A III

MES Nº de observaciones cuatriddiurnas independientes en cada mes tipo

I	17.5
II	40.1
III	20.9
IV	5.0
V	5.7

MES N° de observaciones cuatridiurnas independientes en cada mes tipo

VI	5.8
VII	2.7
VIII	7.5
IX	74.8
X	36.6
XI	19.8
XII	10.6

Estos resultados se pueden usar para determinar cuántos datos son necesarios para obtener determinada precisión en el promedio y cuánto duraría el período de medición.

Llamando \underline{m} al verdadero valor del promedio y \bar{x} al promedio estimado con los datos para cada mes tipo, σ a la desviación standard de las observaciones cuatridiurnas y N al número de observaciones independientes, la probabilidad de que \bar{x} difiera del verdadero valor

\underline{m} en \pm lo sumo $\frac{K\sigma}{\sqrt{N}}$, es igual al valor $(1 - \alpha)$.

$$P \left(\bar{x} - \frac{K\sigma}{\sqrt{N}} \leq \underline{m} \leq \bar{x} + \frac{K\sigma}{\sqrt{N}} \right) = 1 - \alpha$$

El valor de K está tabulado en función de α suponiendo que la ecuación anterior sigue la ley normal para valores relativamente grandes de N (mayores de 120).

Se trató de determinar cuántos datos N son necesarios para que //

con una probabilidad $(1 - \alpha)$, \underline{m} no difiera de \bar{x} en más de un determinado valor que se fijó como un porcentaje de \bar{x}

LUEGO:

$$N = \frac{K^2 G^2}{\gamma^2 x^2}$$

Fijando $\gamma = 10\%$ y $(1 - \alpha) = 95\%$ RESULTADOS.-

Se calculó que el N° de observaciones necesarias para mantener la precisión requerida y se obtuvieron los siguientes valores:

T A B L A I V

MES	N
I	87.62
II	87.95
III	106.00
IV	131.39
V	142.89
VI	137.86
VII	134.79
VIII	122.18
IX	129.34
X	113.90
XI	80.68
XII	75.77

Dividiendo este valor de N mensual por el N° de observaciones independientes en cada mes tipo tenemos el N° de años necesarios para que el promedio de cada mes tenga la precisión requerida. Así, por ejemplo para el mes de enero se necesitan 5 años o sea 5 años.

Los valores tan altos de los meses IV, V, VI, VII y VIII se deben al bajo N° de observaciones independientes en cada uno de estos / meses, lo cual a su vez es debido al alto valor de la desviación/ standard mensual que indica una variación interanual climática muy poco probable. Se supone que estas variaciones tan grandes se deben a errores subjetivos en las mediciones.

T A B L A V

MES	N° de años
I	5
II	3
III	5
IV	27
V	26
VI	24
VII	51
VIII	17
IX	2
X	4
XI	4
XII	8

CONCLUSION.-

Se aprecia en la última tabla de resultados que los períodos de observación requeridos para los meses de invierno son de elevada duración debido a una marcada variabilidad interanual que si bien se acentúa en invierno no debe ser tan alta como la mostrada, ya que/ en otros lugares del mundo en aproximadamente la misma latitud, altura y demás condiciones que determinaron la configuración climática las variaciones son menores (Corotis, 1977).

Esta inconsistencia se debe tal vez a errores subjetivos que no van en contra de la validez de la información para el uso sinóptico de predicción del tiempo y apoyo a la aviación, pero sí para el caso de aplicaciones especiales que requieren valores muy precisos como la contaminación y la energía eólica.

Dejando de lado estos meses de invierno, los restantes meses mostrarían que el período necesario está entre tres y cinco años.

Las subrutinas desarrolladas permiten la aplicación inmediata del método a otros conjuntos de datos. Se aplicará a tres años de datos de observaciones horarias tomadas por el Centro Nacional Patagónico en las estaciones de la microred de Puerto Madryn durante el período 1975 a 1978, apenas esté lista la perfoverificación de las mismas.

Se aplicará también a 5 años de datos de la red de observaciones de la Provincia de Chubut a los efectos de reforzar la forma de evaluar la duración del período de medición para el uso de los datos/ de energía eólica.

Y por último se completará el trabajo con la evaluación del número de datos necesarios para describir la marcha diurna de la intensidad del viento con un grado suficiente de aproximación en base a datos horarios medidos en el Centro Nacional Patagónico.

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

REFERENCIAS.-

1.- Corotis, R.B. Stochastic Modelling of Site Wind Characteristics. Northwestern University ERDA/NSF-00357/76/1.-

2.- Probabilistic System Analysis. Arthur M. Breipohl Wiley & Sons, Inc. New York, 1970.

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET

CENPAT



CONICET