



PRIMER ENCUENTRO NACIONAL SOBRE CLIMA, AGUA Y TIERRA

Caracas, 8 al 12 de Noviembre de 1983

I Jornadas Nacionales de Hidrología, Meteorología y Climatología.

TEMA: METEOROLOGIA
Aplicada

TITULO: SIMULACION DE LLUVIA ANUAL Y MENSUAL METODO DE LOS
FRAGMENTOS, APLICADO A VARIAS ESTACIONES DE VENEZUELA

AUTOR: HUMBERTO CARTAYA
LUIS FELIPE GARCIA
LIONEL HENRY HUET
ELISEO A. HERNANDEZ
HIDROMET

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA



SIMULACION ESTOCASTICA ANUAL-METODO DE LOS FRAGMENTOS PARA DESAGREGACION

1.- RESUMEN

Se simula satisfactoriamente para 2 estaciones de Venezuela, series de lluvia anual mediante un modelo de Markov de primer orden, con una distribución normal, o con una transformación de Wilson-Hiferty (W-H).

La lluvia anual generada, es desagregada a mensual mediante el método de los fragmentos.

Al final se evalúa los estadísticos: media, desviación, asimetría y coeficiente de autocorrelación de primer orden. Dichos resultados permiten sacar conclusiones referentes a la bondad del modelo.

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

2.- INTRODUCCION

En el diseño y análisis de la operación de sistemas de recursos del agua, es necesario entre otras cosas, del apoyo de series hidrológicas de precipitación. Sin embargo, por lo general los registros históricos son limitados y reflejan muy poco, secuencias y combinaciones de situaciones extremas que podrían llegar a presentarse durante el tiempo de operación de algún sistema en estudio, tal como la operación de una presa.

La herramienta que permita simular las posibles situaciones extremas mencionadas, nos las da la hidrología operacional; la cual está conformada por un conjunto de metodologías que tienen como objetivo obtener series artificiales, indistinguibles desde el punto de vista estadístico de la serie que le sirve de base para su generación. Estas series en el caso de la precipitación puede permitir mediante un modelo determinístico de "lluvia-escorrentía", simular series de caudales con sus características número de situaciones extremas en valor y secuencia.

Esta metodología puede ser beneficiosa en cuencas pequeñas, menores de 30 km², donde una estación de precipitación ubicada en la cuenca puede ser representativa de la misma. Para cuencas grandes y cuando se desea estimar caudales en un punto dado del cauce de un río, se prefiere usar mejor, la generación de series de caudales en base a los estadísticos de la serie histórica, si las hay.

En el presente estudio se aplica una metodología conocida, que tiene como objeto generar series sintéticas de precipitación anual (ajustadas a una distribución adecuada), mediante un proceso de Monte Carlo o de Markov de primer orden, dependiendo de si los registros históricos son no persistentes o poco persistentes respectivamente.

El modelo tiene las alternativas de generar series anuales en base a un ajuste a las distribuciones normal, y gama de 3 parámetros.

El modelo se aplica a una serie de registros históricos de precipitación, correspondiente a dos estaciones de la zona Centro Occidental de Venezuela, y tiene como objetivo realizar una valuación del modelo y estudiar su aplicabilidad en la generación de lluvia mensual mediante el método de los fragmentos.

3.- INFORMACION BASICA

Los registros históricos seleccionados corresponden a las siguientes estaciones:

<u>ESTACION</u>	<u>SERIAL</u>	<u>PERIODO</u>
Nirgua	1373	1952-81
Vallecito	2308	1952-81

4.- METODOLOGIA

Un modelo de generación de series hidrológicas, tiene una componente determinística obtenida en función del instante anterior y además tiene una componente aleatoria. El término de la serie que corresponde al instante t , se puede indicar como sigue:

$$X_t = D_t + E_t \dots\dots\dots(1)$$

En la componente E_t , entra la aleatoriedad y se hace necesario elegir la función de distribución. Esta es subjetiva y requiere de intuición y experiencia.

4.1.- Selección de la Función de Distribución

En la práctica es usual adoptar una determinada distribución en base a la experiencia; usualmente las lluvias anuales presentan una baja o despreciable persistencia y se puede ajustar a una distribución normal.

Cuando los registros anuales históricos no son persistentes, éstos pueden ser generados por el proceso de "Monte Carlo", ajustando los valores a una distribución adecuada; en este caso el proceso de generación es totalmente aleatorio. Cuando los registros históricos presentan poca persistencia, es adecuado usar un proceso de Markov de primer orden, ajustado también a una distribución satisfactoria.

En la presente metodología, el proceso de Monte Carlo y el de Markov están representados por la misma formulación, de tal forma que cuando el coeficiente de autocorrelación se hace nulo (despreciable persistencia),

desaparece el término determinístico y la generación queda en función del aleatorio.

El modelo toma en cuenta una distribución del tipo normal, o una de tipo gama de tres parámetros. Para distribuciones simétricas se usa la normal, y para aquellos casos donde la asimetría de la serie es muy marcada se -- asume entonces una distribución gama.

4.2.- Generación Anual

El proceso de Markov de primer orden establece:

$$Z_t = R_x Z_{t-1} + (1-R^2)^{1/2} \times E_t \dots\dots\dots (2)$$

donde:

Z_t = lluvia estandarizada en el año t, con media cero y varianza la unidad: $(X_t - m)/D$.

E_t = componente aleatorio normalmente distribuida con media cero y varianza la unidad.

R = coeficiente de autocorreclación de orden 1.

La lluvia estandarizada en el año t para un proceso de Monte Carlo con -- R = 0 da como resultado según ecuación (2): $Z_t = E_t$, o sea completamente aleatoria.

La lluvia anual X_t está dada por la expresión:

$$X_t = M + D \times Z_t \dots\dots\dots (3)$$

donde:

m = media de la serie histórica de lluvia anual

D = desviación estandar de la serie histórica de lluvia anual

El modelo inicialmente determina los estadísticos anuales a partir de los datos históricos de lluvia anual.

$$\text{Media} = M = (1/n) \sum_{t=1}^n X_t \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Desviación} = D = \left[(1/(n-1)) \sum_{t=1}^n X_t^2 - (n/(n-1)) M^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

Coefficiente de Autocorrelación (1° Orden) = R

$$R = \frac{\left[\sum_{t=1}^n X_t * X_{t+1} \right] - (1/(n-1)) \times \left(\sum_{t=1}^n X_t \right) \times \left(\sum_{t=2}^n X_t \right)}{\left[\sum_{t=1}^{n-1} X_t^2 \right] - (1/(n-1)) \times \left(\sum_{t=1}^{n-1} X_t \right)^2} \times \left[\sum_{t=2}^n X_t^2 \right] - (1/(n-1)) \times \left(\sum_{t=2}^n X_t \right)^2 \dots\dots\dots (6)$$

Coefficiente de Asimetría = G

$$G = \frac{(1/n) \times \left(\sum_{t=1}^n X_t^3 \right) - (3/n^2) \times \left(\sum_{t=1}^n X_t^2 \right) \times \left(\sum_{t=1}^n X_t \right) + (2/n^3) \times \left(\sum_{t=1}^n X_t \right)^3}{\left[(1/n) \times \left(\sum_{t=1}^n X_t^2 \right) - m^2 \right]^{1,5}} \dots\dots\dots (7)$$

La serie generada de lluvia anual se estima según el tipo de distribución.

4.2.1 Proceso Normal

Para una distribución normal, los valores sintéticos son generados en base a las ecuaciones (1), (2), previo cálculo de los estadísticos mediante -- ecuaciones (4), (5) y (6). El "Z_{t-1}" en la ecuación (2) se asume como -- cero tomando en cuenta un valor de lluvia anual inicial igual a la media (Z_t = (X_t - M)/D). Para eliminar la posible influencia de este valor, el modelo genera 20 valores iniciales de lluvia anual y los desecha, tomando como semilla para la verdadera generación, el último valor de "Z_t". Si se asume en este proceso que la serie anual histórica se ajusta a una distribución normal, el fermino aleatorio "E_t" se debe ajustar a una distribución normal con media cero y varianza la unidad.

4.2.2 Proceso Gama de Tres (3) Parámetros

En aquellos casos en que la asimetría es muy marcada; se debe tomar en cuenta en el modelo, el coeficiente de asimetría de la serie de lluvia histórica. Esta puede ser introducida a través de la transformación de Wilsón-Hilferty (W-H). En este caso el término aleatorio E_t de la ecuación (2) es sustituido por N_t .

$$N_t = \frac{2}{G_\eta} \left[\left(1 + \frac{G_\eta \times E_t}{6} - \frac{G_\eta^2}{36} \right)^3 - 1 \right] \dots \dots \dots (8)$$

donde E_t son los aleatorios distribuidos normalmente con media cero y varianza la unidad, y G_η es la asimetría de los N_t y está relacionada a la asimetría de los datos anuales mediante la siguiente expresión.

$$G_\eta = \frac{(1 - R_x^3)}{(1 - R_x^2)^{3/2}} G_x \dots \dots \dots (9)$$

El procedimiento para generar series sintéticas de lluvia anual ajustadas a una distribución Gama, viene dada por:

- a) Estimar M_x , D_x , G_x y R_x correspondiente a la serie histórica, según ecuaciones (4), (5), (7) y (6).
- b) Se estima G_η asimetría de los valores N_t , según ecuación (9).
- c) Se estima para cada aleatoria E_t el valor correspondiente de N_t , expresión (8).
Esta ecuación está en función del aleatorio E_t y de G_η , valores conocidos.
- d) El valor de N_t estimado, se introduce en la ecuación (2) reemplazando el valor E_t . Se estima Z_t y luego con ecuación (3) se estima la lluvia anual generada X_t .

El aleatorio E_t , es obtenido de la computadora, el cual selecciona números, pseudo-aleatorios entre cero y la unidad. Para que la serie de aleatorios tenga media cero y varianza la unidad, se procede de la siguiente

forma: se selecciona los primeros 12 pseudo-aleatorios y luego su sumatoria se resta de 6., De esta forma se estandariza la normal de media cero y varianza la unidad. Para obtener el siguiente aleatorio E_t se repite el proceso.

4.3.- Desagregación Anual a Mensual

El planificador de los recursos hídricos puede en un momento dado, necesitar series generadas a un intervalo de tiempo menor que el anual, tal como el mensual. En este caso, las series mensuales pueden ser estimadas mediante un método sencillo, que es conocido con el nombre de el "Método de los Fragmentos".

La metodología consiste en estandarizar año por año la lluvia anual generada, a partir de los valores mensuales históricos. Se logra así que la suma de los fragmentos mensuales de lluvia sea igual a la unidad. El procedimiento de generar las lluvias mensuales a partir de la anual se puede resumir en los siguientes pasos:

a) Se obtienen los fragmentos mensuales dividiendo para cada año, los valores mensuales de lluvia histórica entre su correspondiente lluvia anual histórica.

Si se tiene un registro de "n" años, habrá entonces "n" conjuntos de fragmentos mensuales de lluvia y cada uno puede ser identificado con un número o una etiqueta.

b) Se obtiene un número aleatoriamente entre 1 y n y se le hace coincidir con la etiqueta de un conjunto de fragmentos mensuales de lluvia. Tales fragmentos al ser multiplicado por el valor de lluvia anual generada, permite la desagregación en 12 valores de lluvia mensual.

Este proceso se repite para cada año de la serie de tiempo anual hasta completar la traza. La serie así generada de valores mensuales, debe ser representativa de la serie histórica, si se toma en cuenta que las series sintéticas respetan la distribución estacional de los datos reales.

5.- RESULTADOS

Para evaluar el modelo, se escogen 2 registros de lluvia histórica correspondiente a la zona Centro-Occidental de Venezuela, y se les aplica el modelo de Markov de primer orden y el método de los fragmentos.

En la Figura 1, se muestra la distribución estacional de la lluvia para las dos estaciones. Las dos representan estaciones afectadas por la convergencia de los alisios; sin embargo la estación Nirgua presenta indicios de situaciones Norte durante la estación seca.

En el registro anual histórico de las estaciones Nirgua y Vallecito se observa, que la primera presenta una asimetría y una autocorrelación baja, lo que permite suponer que una generación ajustada a una distribución normal puede dar buenos resultados. La estación Vallecito presenta un valor de asimetría y de autocorrelación mayor, lo que induce a pensar, que una generación ajustada a una distribución gama también podría dar resultados aceptables.

Cuadro 5.1.- - Registro Anual Histórico 1952-1981

	Nirgua	Vallecito
Media	871,1	1626,4
Desv. Estandar	135,6	342,6
Asimetría	0,126	0,846
Autocorrelación	0,142	0,196

Para las dos estaciones se generan 10 trazas anuales de 30 años cada una, usando una distribución normal. Para fines de comparación se generan también usando una distribución gama. La comparación anual de los parámetros estadísticos mostrados en las Tabla 1 (normal), y Tabla 2 (gama), muestra que los parámetros son razonablemente bien preservados para la estación Nirgua, tanto en la generación normal como en la gama.

Los resultados de los parámetros para la estación Vallecito también son razonablemente bien preservados, a pesar de que se muestra la traza 7 con una derivación estandar fuera de los límites del intervalo para un nivel de confianza del 95%; y el 50% de las trazas caen fuera del intervalo de la asimetría. Cuando se genera Vallecito con una distribución ajustada a la gama, se logra preservar la asimetría pero salen 5 trazas del interva-

lo de la media, 3 del intervalo de desviación y 1 del intervalo de asimetría; por esta razón se asume que la generación gama no mejora en este caso particular, las series generadas.

En la Figura 2, se muestra graficamente una comparación de histogramas -- histórico y simulado y se observa el buen ajuste logrado en la estación - Nirgua.

Para evaluar el modelo de generación de lluvia mensual se realiza el análisis comparativo de parámetros estadísticos de las series mensuales. Dichos análisis se presentan en las Tablas 3, 4, 5 y 6 donde se muestra -- además de los estadísticos históricos, las medias y desviación de los estadísticos de las 10 trazas. Estos valores. a pesar de que presentan una buena similitud entre los históricos y simulados, no se pueden considerar como una medida de la bondad del modelo, en vista de que representan al - grupo de series generadas y no a cada una de ellas.

Con la finalidad de evaluar las series mensuales se presentan los estadísticos de una traza de Nirgua y una de Vallecito, cada una con su generación normal y gama, y se les aplica una aproximación de test para las medias y desviaciones estandar. Los resultados se muestran en las Tablas 7 y 8, donde se indica que los resultados son satisfactorios para la estación de Nirgua, excepto para dos meses de la generación gama, donde el valor de la desviación se sale del intervalo de confianza para el 95% - esperado. Para la estación Vallecito, los resultados son completamente -- satisfactorios para la media; mientras que para la desviación estandar, - se sale en un mes para la generación normal y en tres meses para la generación gama. Se concluye en base a esta comparación y para este caso particular, que el modelo preserva satisfactoriamente los parámetros mensuales, cuando la generación anual se realiza en base a una distribución -- normal. Es bueno hacer notar que el método de los fragmentos es muy simple y conlleva poco tiempo de computación, aunque tiene la limitación de que para series históricas muy cortas, el número de conjuntas de fragmentos mensuales, también será muy corto, y en este caso habrá que manejar el modelo con cuidado.

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se simula satisfactoriamente para dos estaciones de Venezuela, series anuales de lluvia, mediante un modelo de Markov de primer orden con una distribución normal. La generación de series anuales mediante un modelo de simulación ajustada a una distribución gama, no mejora los resultados encontrados al menos en los casos estudiados.

Es recomendable extender el estudio, a otras estaciones que representan -- distribuciones estacionales regionales de la lluvia; de tal forma de poder evaluar las series simuladas por el modelo en ajustes a diferentes distribuciones y seleccionar así, en forma regional la distribución espacial de la lluvia en el año, con el ajuste al tipo de distribución usado en el modelo de generación.

Se simula también satisfactoriamente las series mensuales de lluvia, mediante el método de los fragmentos. El método dió mejores resultados usando las series anuales generadas mediante el ajuste normal. Este método es simple, muy eficiente en términos de tiempo de computadora y en vista de -- que es un modelo de desagregación, los parámetros anuales no son alterados.

7.- BIBLIOGRAFIA

- "Hidrología para Ingenieros", Linsley y otros 1977
- "Modelos de Simulación Estacástica", J. Salas La Cruz, CIDIAT, Sep. 1976.
- "Sybthatuc Streamflous", Fiering and Jackson, American Geophysical Union, Water Resaurces Monograph 1, 1971.
- "Generación y Desagregación de Series Hidrológicas Sintéticas", INCYTH, - Buenos Aires, Argentina, Informática Cuaderno N° 6, Mayo 1976.
- "Simulation of Annual and Monthly Rainfalls", Journal of Applied Meteorology - Volumen 21, 1982.
- "Applications of Hidrology to Water Resources Managment", World Meteorology Organization N° 356, C. Klemes, 1973.
- "Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers", Benjamín EC. Cornell, 1970.
- "Elementos de la Teoría de Probabilidades", H. Cramer, 1968.

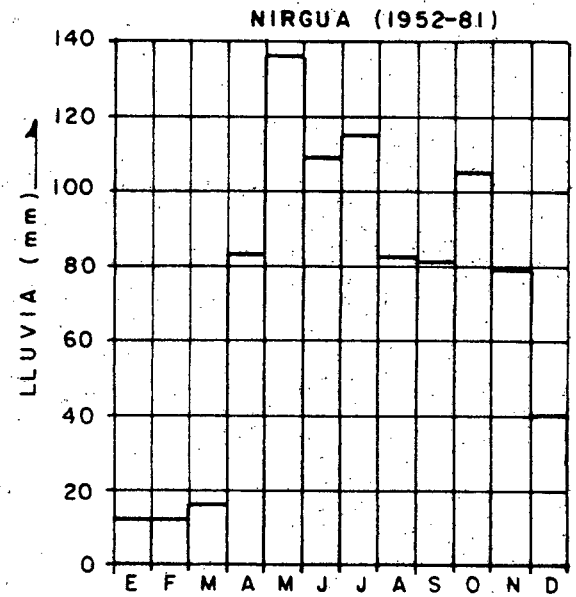
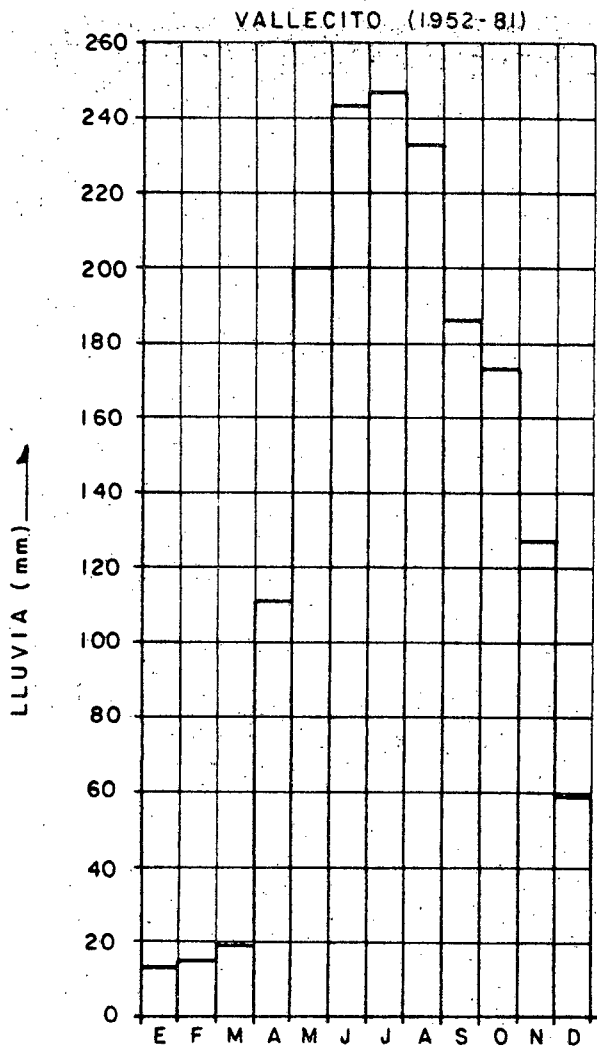


FIGURA 1.- LLUVIA MEDIA MENSUAL

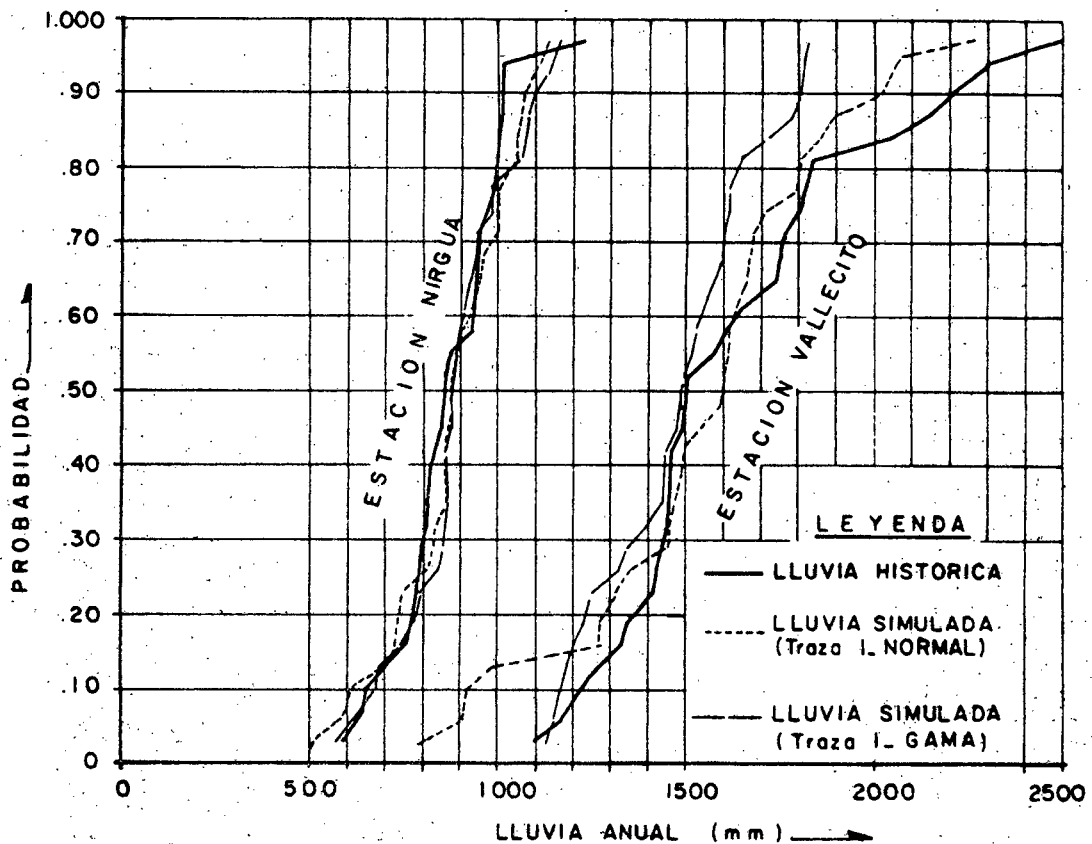


FIGURA 2.- COMPARACION DE HISTOGRAMAS HISTORICO Y SIMULADO

TABLA 1.- COMPARACION ANUAL DE LOS PARAMETROS ESTADISTICOS (NORMAL)

No DE TRAZAS : 10 LONG. DE LAS TRAZAS : 30 LONG. DEL REGISTRO : 30

ESTACION	MODELO	MEDIA	DESV. ESTAND.	ASIMET.	AUTO CORREL.	
NIRGUA 1952-81	HISTORICO	871.1	135.6	0.126	-0.142	
	SIMULADO	1	884.2	154.8	-0.533	-0.381
		2	882.8	153.0	-0.027	-0.278
		3	889.0	140.6	0.396	-0.313
		4	860.0	143.9	0.732	-0.064
		5	837.0	139.4	-0.110	-0.355
		6	884.2	154.8	-0.533	-0.381
		7	882.8	153.0	-0.027	-0.278
		8	889.0	140.6	0.396	-0.313
		9	860.0	143.9	0.732	-0.064
		10	837.0	139.4	-0.110	-0.355
	SIM.TOTAL	870.6	146.3	0.092	-0.278	
	DESV.EST	20.63	6.72	0.46	0.12	
VALLECITO 52-81	HISTORICO	1626.4	342.6	0.846	0.196	
	SIMULADO	1	1539.9	342.8	-0.334*	0.089
		2	1592.2	416.9	0.426	0.216
		3	1682.1	304.3	-0.801*	0.079
		4	1743.7	371.5	0.105	0.257
		5	1671.7	320.8	-0.031	0.323
		6	1694.3	302.7	-0.309*	-0.089
		7	1579.0	450.3 *	-0.446*	-0.009
		8	1720.7	284.4	0.053	0.430
		9	1643.3	439.9	-0.672*	0.033
		10	1630.3	261.9	0.188	-0.054
	SIM.TOTAL	1649.7	349.7	-0.182	0.128	
	DESV.EST	65.15	67.19	0.39	0.17	

TEST (95%) de Confianza

NIRGUA (LIMITES)	922,6	171,4	1,041	0,224
	819,6	99,8	-0,789	-0,508
VALLECITO (LIMITES)	1756,5	433,1	1,761	0,555
	1496,3	252,2	-0,069	-0,163

(*) Valor que sale de los límites

TABLA 2.- COMPARACION ANUAL DE LOS PARAMETROS ESTADISTICOS (Gama)

No DE TRAZAS : 10 LONG. DE LAS TRAZAS : 30 LONG. DEL REGISTRO : 30

ESTACION	MODELO	MEDIA	DESV. ESTAND.	ASIMET.	AUTO CORREL.
NIRGUA 52-81	HISTORICO	871.1	135.6	0.126	-0.142
	SIMULADO 1	890.5	146.0	-0.154	-0.290
	2	897.0	149.1	0.364	-0.271
	3	858.1	149.1	0.719	-0.048
	4	825.0	123.3	0.273	-0.213
	5	865.4	146.5	0.326	-0.234
	6	836.4	106.6	0.911	-0.164
	7	863.9	136.1	0.032	-0.186
	8	869.4	150.4	-0.104	-0.030
	9	870.7	127.4	0.024	-0.235
	10	917.2	114.6	-0.083	0.128
	SIM. TOTAL	869.4	134.9	0.231	-0.154
	DESV. EST	27.32	16.02	0.36	0.13
VALLECITO 52-81	HISTORICO	1626.4	342.6	0.846	0.196
	SIMULADO 1	1477.4*	209.3*	-0.080*	0.181
	2	1660.7	270.4	0.465	0.104
	3	1694.0	434.8*	0.508	0.262
	4	1462.1*	276.7	0.763	0.330
	5	1775.7*	416.4	1.247	-0.156
	6	1609.5	366.4	1.008	0.332
	7	1587.7	293.8	0.332	0.194
	8	1799.2*	313.6	0.152	-0.160
	9	1853.3*	454.5*	0.257	0.192
	10	1559.0	359.8	0.888	0.088
	SIM. TOTAL	1647.9	339.6	0.554	0.137
	DESV. EST	133.46	80.13	0.42	0.18

TEST (95% DE CONFINAZA)

NIRGUA (LIMITES)	922,6	171,4	1,041	0,224
	819,6	99,8	-0,789	-0,508
VALLECITO (LIMITES)	1756,5	433,1	1,761	0,555
	1496,3	255,2	-0,069	-0,163

(*) Valor que sale de los límites

(NORMAL)
 TABLA 3.-
 ANALISIS COMPARATIVO DE PARAMETROS ESTADISTICOS DE LAS SERIES MENSUALES

ESTACION : NIRGUA 1952-81

MES	MODELO	MEDIA	DESV. ESTAND.	ASIMET.	AUTO CORREL.
ENERO	HISTORICO	12.4	22.1	1.843	-0.164
	SIMULADO	12.1	20.5	1.679	-0.051
	DESV.EST	3.65	5.11	0.60	0.12
FEBRERO	HISTORICO	12.3	24.8	2.675	0.170
	SIMULADO	9.7	19.1	1.820	0.203
	DESV.EST	2.13	6.56	0.89	0.27
MARZO	HISTORICO	16.1	26.5	2.011	-0.105
	SIMULADO	16.2	29.5	2.227	-0.174
	DESV.EST	2.27	4.67	0.48	0.11
ABRIL	HISTORICO	83.1	107.6	1.175	-0.185
	SIMULADO	70.8	93.5	1.197	-0.242
	DESV.EST	7.27	10.74	0.42	0.10
MAYO	HISTORICO	135.6	148.5	0.693	-0.116
	SIMULADO	137.3	148.2	0.316	-0.043
	DESV.EST	13.40	16.33	0.35	0.27
JUNIO	HISTORICO	109.1	120.1	0.943	0.078
	SIMULADO	111.4	123.3	0.784	0.180
	DESV.EST	9.14	8.14	0.38	0.18
JULIO	HISTORICO	114.6	120.3	-0.168	0.114
	SIMULADO	122.9	133.1	0.399	0.283
	DESV.EST	6.33	5.79	0.36	0.16
AGOSTO	HISTORICO	82.4	89.5	0.954	0.217
	SIMULADO	82.5	90.5	0.784	0.428
	DESV.EST	5.72	5.12	0.55	0.12
SEPTIEMBRE	HISTORICO	80.9	89.2	0.167	0.280
	SIMULADO	77.9	84.8	0.181	0.308
	DESV.EST	4.17	4.76	0.15	0.15
OCTUBRE	HISTORICO	105.3	130.2	1.939	0.040
	SIMULADO	105.9	130.9	1.467	-0.077
	DESV.EST	15.04	21.35	0.44	0.12
NOVIEMBRE	HISTORICO	78.8	89.2	0.263	-0.053
	SIMULADO	81.9	91.2	0.534	-0.100
	DESV.EST	9.24	11.25	0.16	0.12
DICIEMBRE	HISTORICO	40.5	55.0	1.417	0.293
	SIMULADO	42.1	56.1	1.074	0.309
	DESV.EST	4.08	6.00	0.18	0.23

TABLA 4.-

ANALISIS COMPARATIVO DE PARAMETROS ESTADISTICOS DE LAS SERIES MENSUALES

ESTACION : VALLECITO 52-81

MES	MODELO	MEDIA	DESV. ESTAND.	ASIMET.	AUTO CORREL.
ENERO	HISTORICO	13.2	25.9	2.954	-0.132
	SIMULADO	11.8	22.2	2.339	-0.010
	DESV.EST	2.04	5.72	0.91	0.18
FEBRERO	HISTORICO	15.3	34.1	2.449	0.472
	SIMULADO	14.1	30.9	2.335	0.550
	DESV.EST	3.71	8.64	0.61	0.11
MARZO	HISTORICO	19.0	32.1	1.271	0.680
	SIMULADO	19.3	32.8	1.579	0.509
	DESV.EST	4.89	6.14	0.78	0.19
ABRIL	HISTORICO	110.8	147.1	1.592	0.063
	SIMULADO	105.9	132.6	0.730	-0.085
	DESV.EST	15.72	19.46	0.34	0.14
MAYO	HISTORICO	199.8	215.9	0.732	0.239
	SIMULADO	205.7	225.1	0.516	0.027
	DESV.EST	16.78	17.72	0.53	0.11
JUNIO	HISTORICO	243.1	254.3	0.527	0.005
	SIMULADO	248.4	263.8	0.351	0.104
	DESV.EST	14.52	15.90	0.38	0.21
JULIO	HISTORICO	246.9	264.6	1.867	0.290
	SIMULADO	253.6	270.2	0.453	0.508
	DESV.EST	18.60	22.37	0.40	0.28
AGOSTO	HISTORICO	233.3	245.7	0.455	0.131
	SIMULADO	237.6	253.9	0.563	0.150
	DESV.EST	17.57	17.03	0.49	0.19
SEPTIEMBRE	HISTORICO	185.7	197.3	0.626	0.534
	SIMULADO	187.2	201.7	0.770	0.550
	DESV.EST	10.85	10.00	0.31	0.15
OCTUBRE	HISTORICO	173.2	188.6	0.807	0.250
	SIMULADO	180.1	194.0	0.342	0.309
	DESV.EST	12.13	13.17	0.30	0.19
NOVIEMBRE	HISTORICO	127.1	143.3	0.972	0.027
	SIMULADO	128.3	144.1	0.694	0.106
	DESV.EST	12.12	13.66	0.23	0.15
DICIEMBRE	HISTORICO	59.1	73.4	1.034	0.337
	SIMULADO	57.7	69.5	0.699	0.210
	DESV.EST	9.23	11.38	0.35	0.18

TABLA 5.-

ANALISIS COMPARATIVO DE PARAMETROS ESTADISTICOS DE LAS SERIES MENSUALES

ESTACION : NIRGUA 52-81

MES	MODELO	MEDIA	DESV. ESTAND.	ASIMET.	AUTO CORREL.
ENERO	HISTORICO	12.4	22.1	1.843	-0.164
	SIMULADO	12.9	23.4	2.029	-0.118
	DESV. EST	3.65	5.17	0.63	0.17
FEBRERO	HISTORICO	12.3	24.8	2.675	0.170
	SIMULADO	11.2	21.6	2.262	0.126
	DESV. EST	2.74	4.96	0.77	0.16
MARZO	HISTORICO	16.1	26.5	2.011	-0.105
	SIMULADO	15.2	24.8	1.740	-0.094
	DESV. EST	5.19	8.91	0.63	0.19
ABRIL	HISTORICO	83.1	107.6	1.175	-0.185
	SIMULADO	79.6	100.4	1.077	-0.089
	DESV. EST	10.02	11.19	0.46	0.22
MAYO	HISTORICO	135.6	148.5	0.693	-0.116
	SIMULADO	132.9	142.3	0.342	-0.177
	DESV. EST	9.31	8.82	0.31	0.21
JUNIO	HISTORICO	109.1	120.1	0.943	0.078
	SIMULADO	110.8	124.3	1.059	0.066
	DESV. EST	8.47	10.14	0.84	0.11
JULIO	HISTORICO	114.6	120.3	-0.168	0.114
	SIMULADO	116.2	125.2	0.435	0.366
	DESV. EST	12.56	13.30	0.30	0.10
AGOSTO	HISTORICO	82.4	89.5	0.954	0.217
	SIMULADO	83.2	90.4	0.795	0.413
	DESV. EST	4.02	4.63	0.56	0.13
SEPTIEMBRE	HISTORICO	80.9	89.2	0.167	0.280
	SIMULADO	81.2	90.0	0.581	0.380
	DESV. EST	3.53	3.76	0.29	0.14
OCTUBRE	HISTORICO	105.3	130.2	1.939	0.040
	SIMULADO	111.7	134.5	1.259	0.090
	DESV. EST	15.68	21.48	0.28	0.17
NOVIEMBRE	HISTORICO	78.8	89.2	0.263	-0.053
	SIMULADO	76.2	86.7	0.723	-0.127
	DESV. EST	3.42	5.03	0.40	0.05
DICIEMBRE	HISTORICO	40.5	55.0	1.417	0.293
	SIMULADO	38.4	51.8	1.173	0.137
	DESV. EST	6.04	6.84	0.29	0.18

TABLA 6.-

ANALISIS COMPARATIVO DE PARAMETROS ESTADISTICOS DE LAS SERIES MENSUALES

ESTACION : VALLECITO 52-81

MES	MODELO	MEDIA	DESV. ESTAND.	ASIMET.	AUTO CORREL.
ENERO	HISTORICO	13.2	25.9	2.954	-0.132
	SIMULADO	11.3	21.3	2.453	-0.055
	DESV.EST	2.93	5.14	0.99	0.20
FEBRERO	HISTORICO	15.3	34.1	2.449	0.472
	SIMULADO	14.2	31.1	2.656	0.555
	DESV.EST	5.89	9.80	0.74	0.11
MARZO	HISTORICO	19.0	32.1	1.271	0.680
	SIMULADO	20.7	35.1	1.465	0.551
	DESV.EST	3.93	5.23	0.25	0.18
ABRIL	HISTORICO	110.8	147.1	1.592	0.063
	SIMULADO	104.4	128.6	0.689	-0.099
	DESV.EST	15.70	19.09	0.55	0.08
MAYO	HISTORICO	199.8	215.9	0.732	0.239
	SIMULADO	201.9	217.9	0.472	0.061
	DESV.EST	20.82	20.90	0.39	0.11
JUNIO	HISTORICO	243.1	254.3	0.527	0.005
	SIMULADO	250.1	268.1	0.757	0.193
	DESV.EST	18.16	23.42	0.61	0.11
JULIO	HISTORICO	246.9	264.6	1.867	0.290
	SIMULADO	251.0	269.8	0.739	0.491
	DESV.EST	27.83	32.43	0.57	0.18
AGOSTO	HISTORICO	233.3	245.7	0.455	0.131
	SIMULADO	235.7	249.2	0.453	0.194
	DESV.EST	20.00	21.44	0.36	0.15
SEPTIEMBRE	HISTORICO	185.7	197.3	0.626	0.534
	SIMULADO	191.1	204.9	0.788	0.556
	DESV.EST	17.49	18.83	0.36	0.14
OCTUBRE	HISTORICO	173.2	188.6	0.807	0.250
	SIMULADO	178.6	191.2	0.396	0.244
	DESV.EST	18.28	19.05	0.48	0.18
NOVIEMBRE	HISTORICO	127.1	143.3	0.972	0.027
	SIMULADO	130.6	147.1	0.773	0.120
	DESV.EST	12.31	14.85	0.48	0.11
DICIEMBRE	HISTORICO	59.1	73.4	1.034	0.337
	SIMULADO	58.4	71.5	1.009	0.351
	DESV.EST	6.68	7.64	0.45	0.17

TABLA 7.- TEST DE SIGNIFICANCIA PARA LOS PARAMETROS DEL MODELO MENSUAL. ESTACION NIRGUA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SERIE HISTORICA												
MEDIA	12,4	12,3	16,1	83,1	135,6	109,1	114,6	82,4	80,9	105,3	78,8	40,5
DESVIACION	22,1	24,8	26,5	107,6	148,5	120,1	120,3	89,5	89,2	130,2	89,2	55,0
SERIE GENERADA-TRAZA 1												
NORMAL - MEDIA	6,0	7,6	17,8	66,7	152,0	111,2	122,9	81,5	83,4	110,3	82,5	42,4
DESVIACION E.	12,5	19,3	32,2	88,7	168,5	123,3	135,0	87,3	89,1	147,5	96,7	52,0
GAMA - MEDIA	17,3	13,8	10,7	85,6	141,0	114,1	118,4	92,3	75,9	105,9	75,6	40,0
DESVIACION E.	28,8*	23,9	15,9*	110,0	146,6	125,6	125,1	100,2	87,2	127,2	82,9	55,9
TEST DE LA MEDIA (95% DE CONFIANZA)	20,8	21,7	26,2	124,0	192,0	154,7	160,3	116,4	114,8	154,8	112,7	61,4
LIMITE INF.	4,0	2,9	6,0	42,1	79,2	63,5	68,9	48,4	47,0	55,8	44,9	19,6
LIMITE SUP.												
TEST DE LA DESVIACION (95% DE CONFIANZA)	27,9	31,3	33,5	136,0	187,7	151,8	152,1	113,1	112,7	164,6	112,7	69,5
LIMITE INF.	16,3	18,2	19,5	79,2	109,3	88,4	88,5	65,9	65,5	95,8	65,6	40,5
LIMITE SUP.												

(*) Valor que sale de los límites

TABLA 8.- TEST DE SIGNIFICANCIA PARA LOS PARAMETROS DEL MODELO MENSUAL. ESTACION VALLECITO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SERIE HISTORICA												
MEDIA	13,2	15,3	19,0	110,8	199,8	243,1	246,9	233,3	185,7	173,2	127,1	59,1
DESVIACION	25,9	34,1	32,1	147,1	215,9	254,3	264,6	245,7	197,3	188,6	143,3	73,4
SERIE GENERADA-TRAZA 1												
NORMAL - MEDIA	11,9	11,9	17,5	114,2	205,2	226,6	228,7	222,5	175,0	167,4	110,2	48,8
DESVIACION E.	24,9	20,2*	27,9	131,8	230,7	240,8	240,6	240,8	191,8	178,5	122,7	58,4
GAMA - MEDIA	10,4	10,0	17,0	82,9	195,6	242,4	217,7	207,7	161,8	152,2	123,9	55,7
DESVIACION E.	17,4*	24,9*	29,9	107,6*	215,8	255,8	231,8	218,8	171,3	160,0	136,4	65,8
TEST DE LA MEDIA (95% DE CONFIANZA)												
LIMITE INF.	23,0	28,3	31,9	166,7	281,8	339,7	347,4	326,7	260,7	244,9	181,5	87,0
LIMITE SUP.	3,4	2,3	6,8	54,9	117,8	146,5	146,3	139,9	110,7	101,5	72,6	31,2
TEST DE LA DESVIACION (95% DE CONFIANZA)												
LIMITE INF.	32,7	43,1	40,6	185,9	272,9	321,4	334,4	310,6	249,4	238,4	181,1	92,8
LIMITE SUP.	19,1	25,1	23,6	108,3	158,9	187,2	194,7	180,8	145,2	138,8	105,5	54,0

(*) Valor que sale de los límites

