



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Generación Sintética para los
escurrimientos del vaso de la
presa Solís**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Lya García Calderón

DIRECTOR DE TESIS

Mtro. Alexis López Montes



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Índice

	Pág.
Introducción	1
1. Presa Solís	3
1.1. Características hidráulicas	4
1.2. Usos	9
2. Información hidrométrica y climatológica en la zona de estudio	10
2.1. Serie de escurrimientos mensuales	14
2.2 Prueba de homogeneidad a la serie de escurrimientos	17
3. Series de Tiempo	25
3.1. Procesos estocásticos	25
3.2. Características de una serie de tiempo	27
3.3. Componentes de una serie de tiempo	29
4. Modelo autorregresivo periódico PAR(p)	32
4.1. Forma general del modelo autorregresivo periódico PAR(p)	35
4.2. Modelo autorregresivo periódico PAR(1)	37
4.3. Modelo autorregresivo periódico PAR(2)	38
5. Generación sintética de escurrimientos mensuales mediante el modelo PAR(p)	39
5.1. Selección del mejor modelo para generación sintética	41
5.2. Generación sintética	97
6. Conclusiones	108
Bibliografía	109

Introducción

El diseño hidrológico de un embalse con fines de abastecimiento de agua potable, sea éste grande o pequeño, ésta basado en extracciones que son predecibles con cierta seguridad aun en el caso de demandas para riego y escurrimiento o aportaciones, que debido a su naturaleza aleatoria o estocástica son totalmente impredecibles. Por ello, cuando se tiene la suerte de disponer de un registro histórico confiable, el diseño del embalse no debe basarse en simular la operación de su vaso con tal registro, es decir, no puede aceptarse que los volúmenes escurridos medidos se repetirán durante el período de amortización del proyecto (vida útil), ya que tal arreglo o serie cronológica es quizás la menos probable de ocurrir en el futuro y por lo tanto, el resultado obtenido con tal secuencia no sería representativo de la respuesta del sistema (cuenca-embalse-zona de demanda o de riego).

Por lo anterior, para realizar un diseño hidrológico de un embalse con fines de abastecimiento y en general de cualquier propósito, se deben generar series sintéticas de escurrimientos, que tienen la misma propiedad estadística del registro histórico y, sobre todo, que son igualmente probables de ocurrir en el futuro. El enfoque llamado estocástico no tiene como objetivo primordial el generar eventos extraordinarios, muy grandes o muy bajos, sino más bien, crear series cronológicas de escurrimientos ordinarios cuya combinación sea crítica durante la operación futura del vaso, de manera que el embalse quede diseñado para un número suficiente de combinaciones del escurrimiento, todas equiprobables, de donde deriva lógicamente una mayor confianza del diseño. Es oportuno destacar, que las series sintéticas generadas no constituyen nuevos datos hidrológicos sino que únicamente hacen mejor uso de la información estadística contenida en el registro histórico. Además, los escurrimientos generados estocásticamente (series sintéticas) están sujetos a los mismos errores de muestreo que los datos de partida.

La serie cronológica de escurrimientos mensuales representa un proceso estocástico mucho más complejo que el de la serie de tiempo de volúmenes escurridos anuales. El ciclo climático anual introduce una componente periódica en el proceso, la cual influye no solamente en los escurrimientos mensuales, sino en todos los parámetros estadísticos, en sus distribuciones de probabilidad y aún en sus correlaciones entre meses sucesivos. Como resultado de lo anterior, para la generación de series sintéticas de escurrimientos mensuales se debe utilizar un modelo que preserve la persistencia y tome en cuenta la periodicidad, como el proceso Markoviano de primer orden estacional, comúnmente conocido como modelo de Thomas and Fiering o los modelos PAR, ARMA o ARIMA.

El objetivo de éste trabajo es hacer una aplicación del modelo estocástico PAR(p), esto es, se analizaron los modelos PAR(1) y PAR(2) y de entre ellos se obtuvo el modelo PAR(p) que mejor se ajustó a la serie histórica de escurrimientos mensuales de entrada al vaso de la Presa Solís ubicada en Guanajuato, con la finalidad de generar con éste modelo series sintéticas de escurrimientos, y poder con ellas hacer una planeación a futuro del funcionamiento del vaso de la presa, y determinar nuevas políticas de operación del embalse.

Para éste trabajo se generaron 5 series sintéticas con el modelo PAR(1) que fue el mejor modelo que se ajustó a la serie histórica de escurrimientos mensuales, y para finalizar el estudio se revisó la bondad del modelo estocástico comparando los estadísticos de las series generadas contra los de la serie histórica.

1. Presa Solís

Definimos como una presa, a un vaso de almacenaje que mediante una barrera o un muro de diversos materiales restringe el paso del flujo del agua de un río, provocando un almacenamiento de caudal.

La presa Solís se encuentra ubicada sobre el río Lerma, a 5 kilómetros aguas arriba de la ciudad de Acámbaro, en Guanajuato. Fue construida por la Comisión Nacional de Irrigación y la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en el lapso de 1939 a 1949; forma parte del sistema de almacenamiento de las aguas del río Lerma para el riego de 116 mil hectáreas de 22 626 usuarios, correspondientes al Distrito del Alto Río Lerma y otras zonas agrícolas localizadas en porciones media y baja de ambas márgenes del río.

Solís no tendría función alguna, sin la construcción de la presa Tepuxtepec en el estado de Michoacán. Con ambas obras se logró lo que nunca antes había hecho el hombre: controlar permanentemente las aguas del río Lerma para proyectos productivos.

La Presa Solís, recibe las aguas del Río Lerma provenientes de la presa Tepuxtepec y de las subcuencas Atlacomulco - Paso de Ovejas, Río Tigre y Arroyo Tarandacuaro, desde los límites con el Estado de Michoacán.

La cuenca en la que se ubica la presa tiene un área de 8,483 ha. Llamada la **Cuenca Río Lerma 3**, comprendida desde la presa Tepuxtepec hasta donde se localiza la presa Solís.

Con coordenadas 19°05' y 20°20' latitud Norte y 100°00' y 100°45' longitud Oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por las cuencas Río Querétaro y Río Lerma 4, al Sur por la Región Hidrológica número 18 Balsas, al Este por la cuenca Río Lerma 2 y al Oeste por las cuencas Lago de Cuitzeo y Río Lerma 4.

Escurrencimiento Anual: (1939-1966)

Máximo:	2,568 millones de m^3
Mínimo:	465 millones de m^3
Promedio:	959 millones de m^3
Avenida máxima registrada:	1 287 m^3/s , septiembre 12 de 1958

La presa se construyó de materiales granulados, la altura de la cortina fue de 52 m con una longitud de 886 m; una capacidad total de 650 millones de m^3 de los cuales 375 se utilizarían para el riego y generación de energía eléctrica, 225 para la regularización de avenidas y 50 para azolves.

El vertedor original de cresta libre fue modificado, construyéndose una estructura de control en el canal de descarga, a la altura del empotramiento de la cortina. Esta estructura consiste en un cimacio con la cresta a la misma elevación del cimacio original; en el nuevo se apoyan 4 compuertas radiales de 7 metros de ancho por 5.50 de altura, soportadas en pilas de concreto; sobre las 2 centrales se construyó la caseta de operación. Los mecanismos elevadores de las compuertas, se instalaron en un puente de maniobras, apoyados en las mismas pilas de la estructura.

Para acceder a la presa se toma la carretera desde la ciudad de Acámbaro, al este, con un recorrido en distancia de 5 km.

La fecha en que entro en servicio la presa, con un almacenamiento máximo de 800 millones de m³ y un gasto máximo derramado de 785 m³/s (1958).

1.1. Características hidráulicas

Datos de la presa sobre-elevada:

Tabla 1. Datos generales de la presa Solís con sobre elevación.

Capacidad hasta la cresta del vertedor	1,217,000.00	mm ³
Capacidad para riego	775,000.00	mm ³
Capacidad para control de avenidas	417,000.00	mm ³
Capacidad de azolves	25,000.00	mm ³
Gasto máximo del vertedor de cresta libre	1,000.00	m ³ /seg
Gasto normal de la obra de toma	180.00	m ³ /seg
Elevación de niveles de agua máxima	1,898.66	m.s.n.m.
Elevación de la corona	1,901.70	m.s.n.m.
Elevación del vertedor	1,890.75	m.s.n.m.
Longitud de la corona de la cortina	840	m
Longitud de la cresta vertedora	35	m
Número de compuertas: vertedor, radiales de 7.0x5.5 m de la estructura de control	4	pza
Número de válvulas: obra de toma, por el túnel 1 de aguja y por el túnel 2 de mariposa	2	pza
Tipo de cortina original	materiales graduados	
Sobreelevación	materiales graduados	
Corona	1901.7	m/s
Nivel de aguas máximas Extraordinarias (NAME)	1898.7	m/s
Nivel Normal de Operación	1892.75	m/s
Elevación del Cauce del río	1844.7	m/s
Cresta del vertedor	1890.75	m/s
Longitud de la cresta (5 tramos) (5 compuertas de 7.00 x 5.60 m)	35	m
Gasto máximo de descarga	1000	m ³ /s

En la figura 1 se presenta una vista en planta de la presa con información básica.

Actualmente se tiene un volumen estimado de 22 millones de m^3 de azolves.

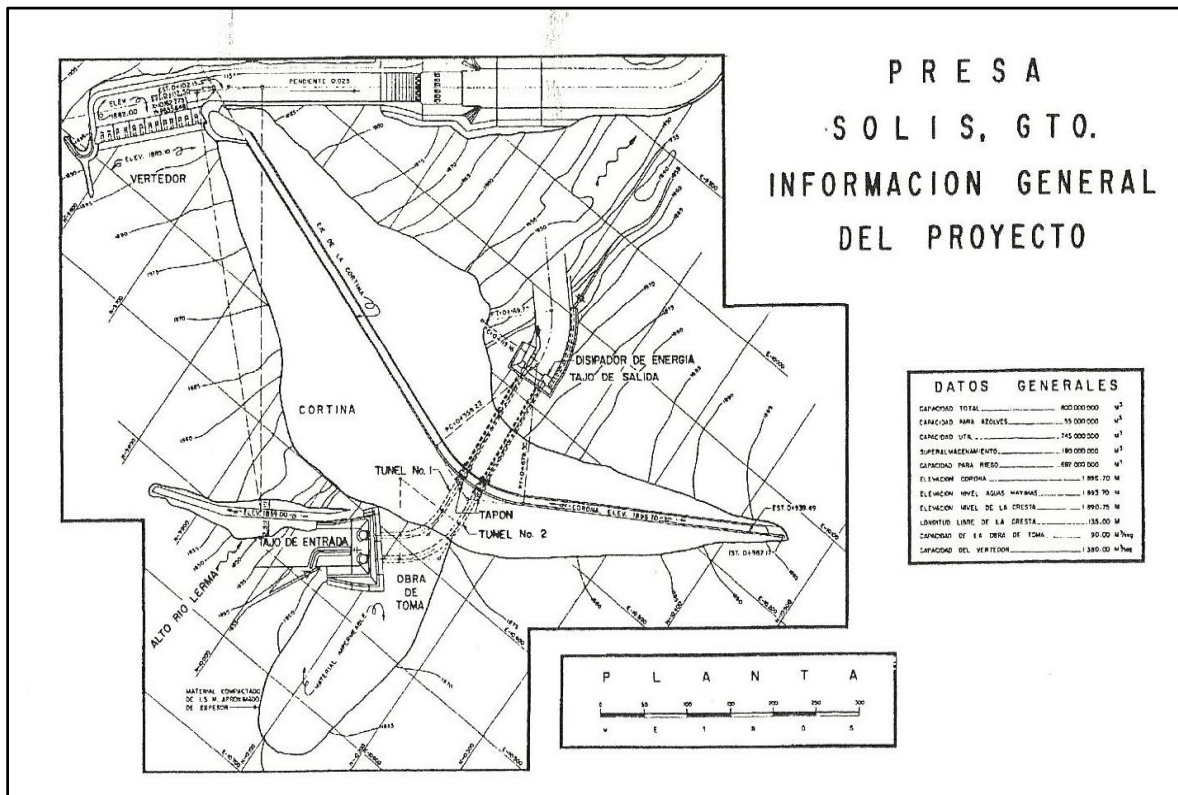


Figura 1. Información general del proyecto Presa Solís.

Datos Hidrológicos

CORTINA de tierra con corazón impermeable central y respaldos de roca; tiene un corazón impermeable y respaldos permeables formados con roca y rezaga.

Altura total de 51.70 m

Altura sobre el lecho del río 46.70 m

Longitud de la corona 780 m

Anchura de la corona 10 m

Anchura en la base 275 m

Con banquetas de 10 m a las elevaciones 1 878 m y 1 859 m.

Elevaciones: Del desplante de la cimentación 1 845 m, del fondo del cauce 1850 m, de la corona de la cortina 1896.7 m.

Bordo Libre: 3.00 m

DIQUE (reconstruido 1954-1955)

Situado en la margen derecha, tiene 1860 m de longitud, 6 m de anchura de corona, unos 9 m de altura máxima y taludes de 1.75:1 aguas arriba, con un delantal de 8 m de longitud y 1.5:1 aguas abajo. Está formado por un corazón de material impermeable se prolonga hacia abajo rellenando una trinchera de 4 m de anchura de plantilla, 5.50 m de profundidad máxima y taludes de 1:1.

La OBRA DE EXCEDENCIAS consiste en un vertedor del tipo de cresta libre, con canal lateral, alojado en la margen izquierda. Consta de un canal colector conectado con un canal de descarga; este último consta de tanque amortiguador, localizado en la estación 0+200 para continuar su descarga al lecho del río. Está construido de concreto y mampostería.

Avenida de diseño: 2200 m³/s.

Longitud de la cresta libre: 135 m

Capacidad máxima de descarga: 1380 m³/s, con carga de 2.95 m.

La OBRA DE TOMA está situada en la margen derecha; consiste en dos túneles que se usaron a la vez como obra de desvío, en los extremos aguas arriba de ambos túneles, se instalaron rejillas en estructura de concreto reforzado de forma cilíndrica, que sirven de transición de entrada a los túneles, con los que enlazan por medio de codos. Los túneles están provistos de tapones centrales de concreto, donde tienen su origen las turbinas de presión, con sus válvulas respectivas de emergencia y de servicio.

Gasto máximo de diseño: 90 m³/s.

Características generales de las diferentes partes que componen la obra de toma:

- Túneles: dos túneles de sección circular, de 6 m de diámetro, 273 m de longitud cada uno, pendiente de 0.0014.
- Tapones: de concreto de 17 m de longitud
- Tuberías de presión: de acero de 3.05m (120") de diámetro, 163.75m de longitud y 9.5 mm (3/8") de espesor. A la salida del túnel número 1 se desprende de la tubería de 3.05m, otra tubería de 0.914 m (36") de diámetro y 85 m de longitud, que descarga en un tanque amortiguador para alimentar el canal de San Cristóbal, y dar servicio a los terrenos de la margen derecha de la Unidad de Acámbaro.
- Rejillas: montadas en estructuras de concreto reforzado, de forma cilíndrica, de 10 m de altura, que sirven de transición de entradas de los túneles. La boca de entrada tiene 5 m de diámetro. Tiene su umbral a la elevación 1862.50 m.
- Estructura disipadora: a la salida del túnel número 2, está localizada una estructura de concreto que consiste esencialmente en una pantalla de columnas de láminas de acero de 3/8" de espesor, rellenas de concreto y de 3.50 m de altura, formada por 3 hileras separadas 1.00 m en ambos sentidos, la hilera del centro está dispuesta de tal manera que el centro de las columnas coincide con el centro de los claros de las otras 2 hileras; esta estructura tiene por objeto disipar la energía del agua a la salida del túnel número 2.

En la figura 2 se presenta una vista de la presa, cortina y obra de toma, mientras que en la figura 3 se muestra la obra de excedencias.

PRESA DE SOLIS

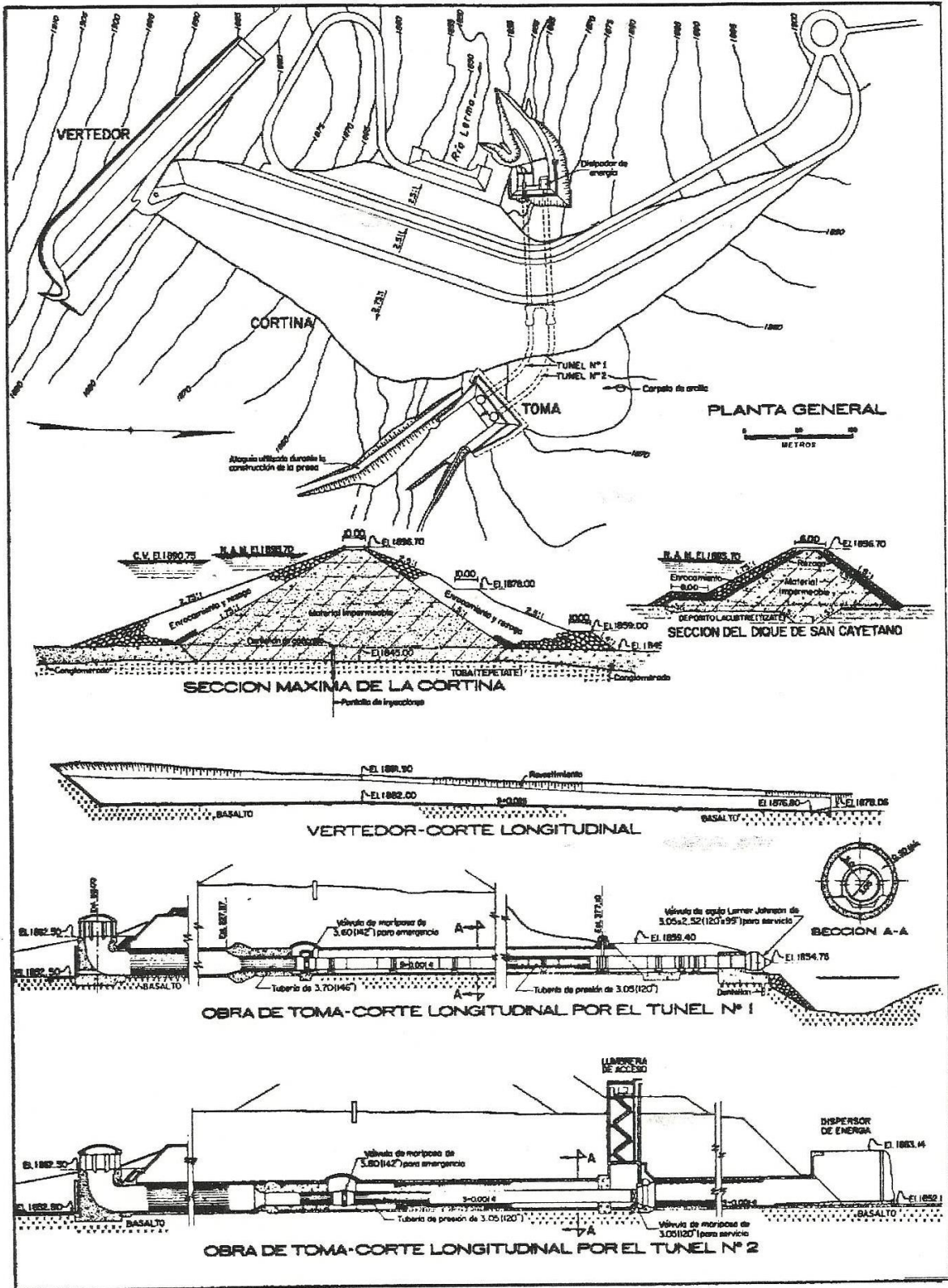


Figura 2. Vistas de secciones de la cortina, vertedor y obra de toma (Túnel 1, Túnel 2)

Válvulas de operación:

1. Túnel numero 1: válvula de aguja Larner Johnson, de 3.05 x 2.52 m (120" x 99"), de descarga libre, con mecanismos de operación eléctrico y manual. Peso total 55 909 kg.
2. Túnel numero 2: válvula de mariposa de 3.05 m (120") de diámetro, con mecánico de operación eléctrico y manual. Peso total 39 228kg. Las válvulas correspondientes a los túneles 1 y 2 fueron fabricadas por la casa Pelton Water Wheel Co., de E.U.A.

Válvulas de Emergencia: en túneles, válvulas de mariposa de 3.60 m (142") de diámetro, con mecanismos de operación eléctrico y manual.

Peso total de cada válvula 34 182 kg, fabricadas por la casa Pelton Water Wheel Co.

El CANAL DE DESCARGA, con una longitud de 120m, plantilla de 30 m a la elevación de 1882 m y taludes de 1:1.

La zona que comprende el TANQUE AMORTIGUADOR, tiene una longitud total de 185.30 m y consta de una caída en curva de 29.75 m, en la que a su pie, se encuentra una serie de deflectores de 3.5m de altura para disipar la energía.

La OBRA DE DESVIO se desarrolló aprovechando los 2 túneles de 6 m de diámetro, localizados en la margen derecha, donde posteriormente se alojó la obra de toma.

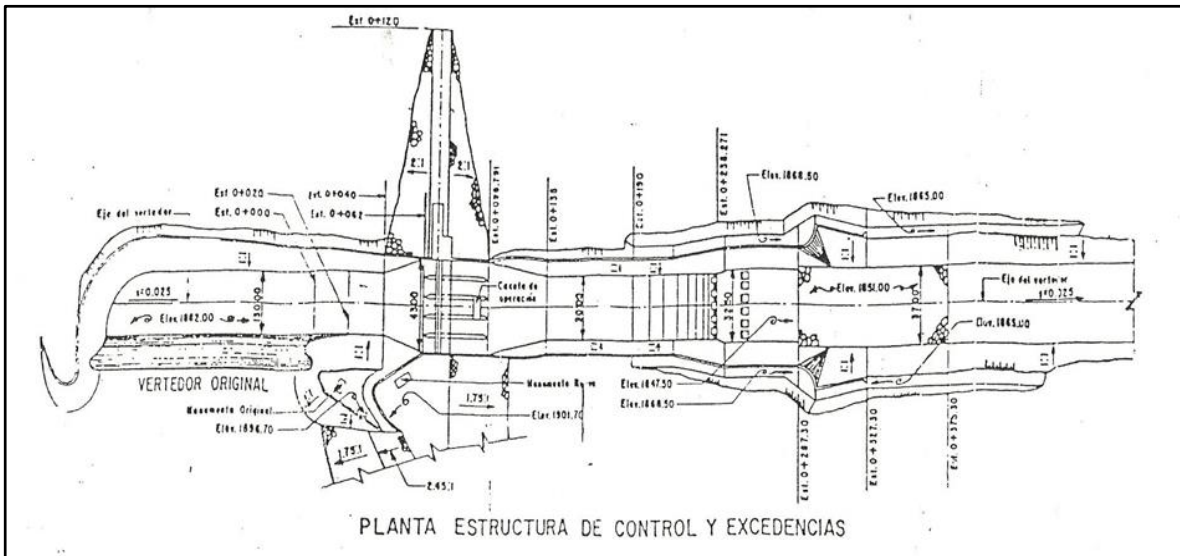


Figura 3. Estructura de control y de excedencias Presa Solís (vista de planta).

1.2. Usos

- 1.- Regularizar el régimen semi-hidroeléctrico de extracciones y derrames de la presa Tepuxtepec, modificándolo para satisfacer en mejor forma las demandas de riego del Alto Lerma y sus futuras ampliaciones.
- 2.- Regularizar el régimen del río entre Tepuxtepec y Solís para completar el riego del distrito de riego 011. Se destina aproximadamente gran mayoría de su gasto para el riego de 170,000 ha. localizadas en el Alto y Bajo Lerma.
- 3.- Aguas abajo de la cortina se localizan los módulos de riego, trabajando por gravedad el sistema de riego.
- 4.- Se aprovechan los derrames y extracciones de la presa para generar energía eléctrica secundaria.
- 5.- Aumentar la eficiencia de riego que junto con los sistemas de la presa Tepuxtepec y la laguna de Yuriria forma un sistema para dar riego a una superficie de 116 mil hectáreas en los distritos de Alto y Bajo Río Lerma.
- 6.- Controlar las avenidas normales hasta un gasto de 200 m³/s para proteger contra inundaciones a las poblaciones y zonas agrícolas situadas abajo de la presa.

2. Información hidrométrica y climatológica en la zona de estudio.

Para poder generar las series sintéticas con el modelo $PAR(p)$ (ver capítulo 3), es necesario contar inicialmente con la serie histórica de escurrimientos mensuales de entrada al vaso de la presa Solís (figura 4), por ello se realizó un análisis preliminar en la zona de estudio la cual se encuentra en la cuenca Alto Lerma y que llega hasta la cortina de la Presa Solís con un área de influencia de 8,639 km², aquí se encontró que hay dos cauces que confluyen y alimentan al vaso de la presa, sobre estos están localizadas dos estaciones hidrométricas que aforan los escurrimientos de entrada al vaso, éstas estaciones se muestran en las figura 6, y llevan por nombre La Boquilla y San Nicolás III, mientras que en la figura 5 se muestra una imagen del vaso de la presa y la ubicación de los poblados (Jerécuaro y EL Gigante), donde están las estaciones hidrométricas de estudio

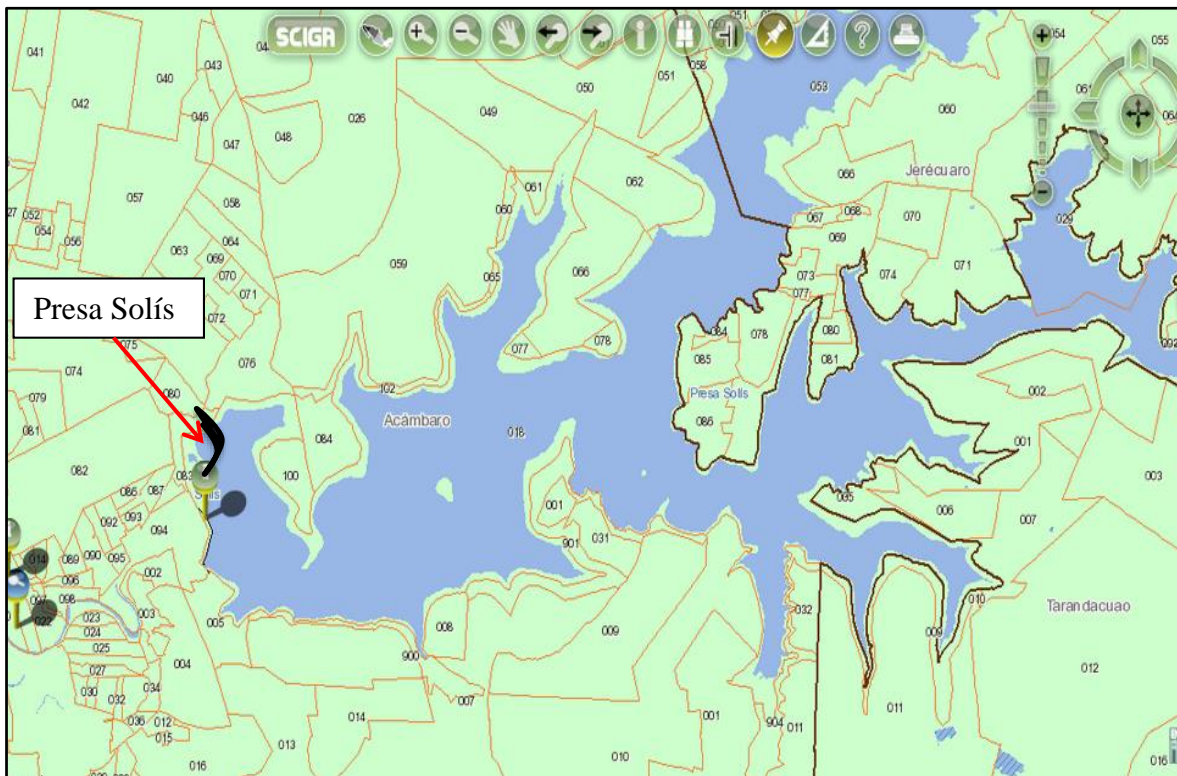


Figura 4. Ubicación geográfica Presa Solís (INEGI).

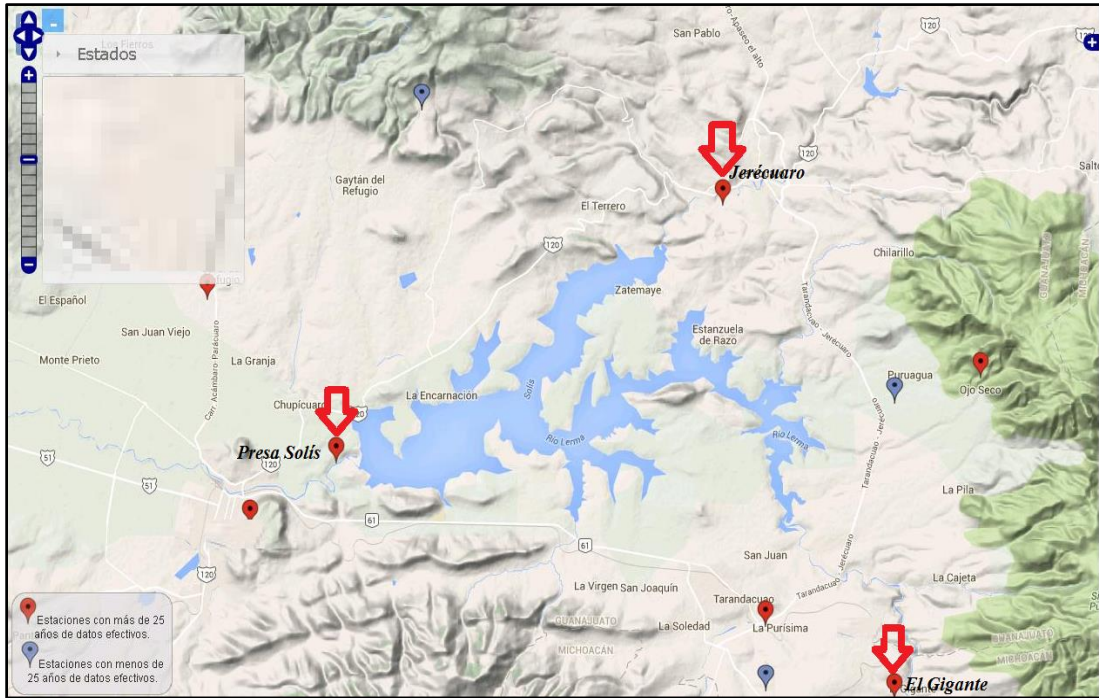


Figura 5. Ubicación geográfica de las estaciones hidrométricas en estudio, sistema CLICOM.

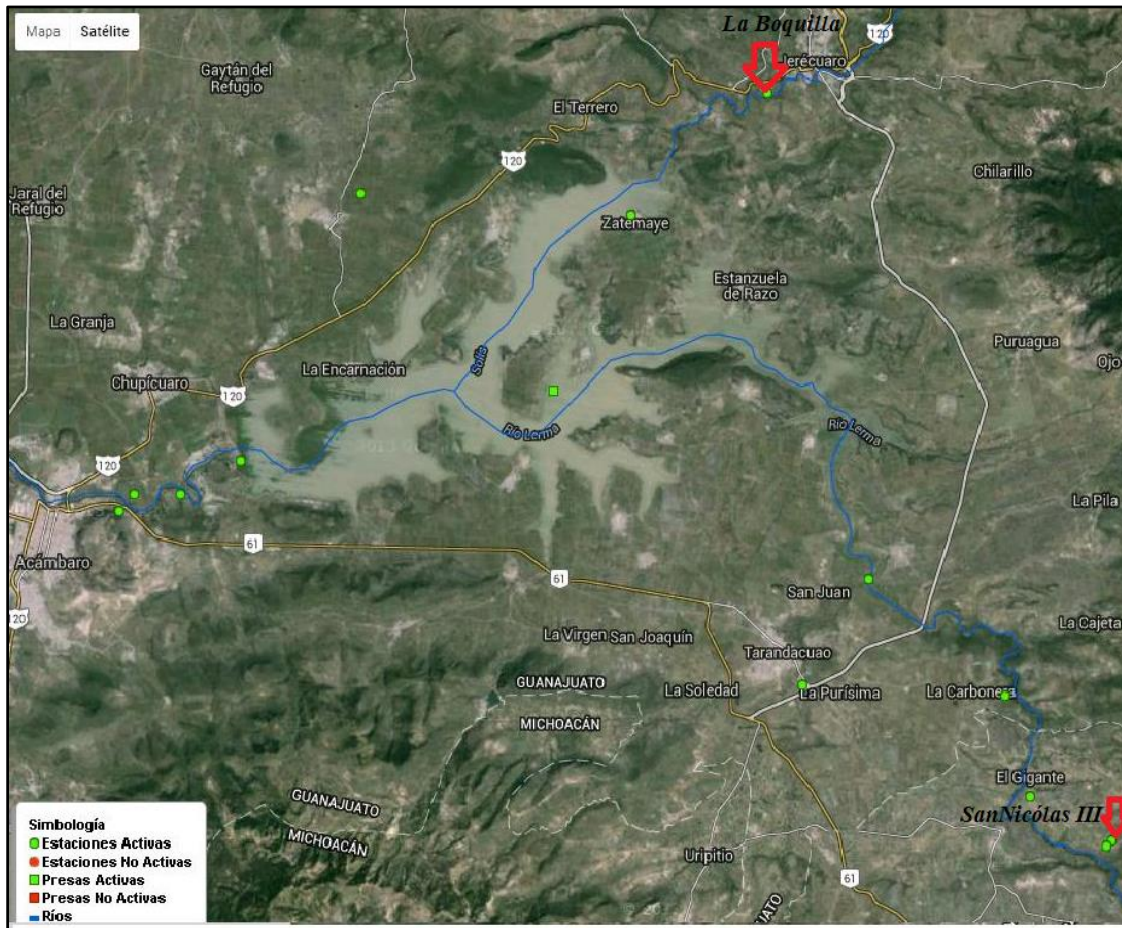


Figura 6. Ubicación geográfica de las estaciones hidrométricas en estudio, sistema BANDAS.

Para realizar el análisis se estudiaron las siguientes estaciones que también se muestran en la figura 5 y 6, dichas imágenes se tomaron del CLICOM y BANDAS:

- Estación hidrométrica Presa Solís (para datos de precipitación, evaporación) Lat. 20.1 N, Long. -100.68 W Elevación: 1901 msnm
- Estación hidrométrica Jerécuaro (para datos de precipitación, evaporación) Lat. 20.14 N, Long. -100.53 W Elevación: 1787 msnm
- Estación hidrométrica El Gigante (para datos de precipitación, evaporación) Lat. 20.0 N, Long. -100.5 W Elevación: 1971 msnm
- Estación hidrométrica San Nicolás III (escurrimientos) Lat.19.95 N, Long.-100.43W
- Estación hidrométrica La Boquilla (escurrimiento) Lat. 20.14 N, Long. -100.52 W

En la tabla 2 se muestran datos generales de la información con la que cuentan las estaciones hidrométricas ubicadas en la zona de estudio.

Tabla 2. Datos generales de información hidrométrica de las estaciones en estudio, para obtención de valores de precipitación, evaporación y volúmenes de escurrimiento (mensuales).

Estación Hidrométrica	EL GIGANTE, MICH	JERECUARO, GTO.	PRESA SOLÍS, GTO.	LA BOQUILLA, GTO.	SAN NICOLAS III, MICH.
Datos	hp y evaporaciones	hp, evaporaciones	hp y evaporaciones	vols. Escurrimientos	vols. Escurrimientos
Clave	16040	11031	11076	12441	12123
Elevación	1961 msnm	1787 msnm	1901 msnm	1787 msnm	
Longitud W	-100.5	-100.53	-100.68	-100.52	-100.43
Latitud N	20.0	20.14	20.1	20.14	19.95
Municipio	El Gigante	Jerécuaro	Solís	Jerécuaro	El Gigante
Corriente	Río Lerma	Río Juchipila - Río Grande de Santiago	Presa Solís-Río Lerma	Río Juchipila - Río Santiago	Río Lerma
Periodo de registro	1/08/1970 - 30/09/2003	1/04/1923 - 30/06/2012	1/01/1961 - 31/07/2012	1948-1982, 1986-2011	1972-2003
Años	Años: 33.0, Efectivos: 15.1	Años: 89.0, Efectivos: 64.4	Años: 51.0, Efectivos: 48.2		
Organismo	CONAGUA-DGE	CONAGUA-DGE	CONAGUA-DGE	CONAGUA-DGE	CONAGUA-DGE
Situación	OPERANDO	OPERANDO	OPERANDO	OPERANDO	OPERANDO

Cabe mencionar que el clima predominante en la zona aledaña a la Presa Solís, es templado-subhúmedo con lluvias en el verano, hacia el poniente pasa a ser semi-cálido y hacia el norte semi-seco, en las altas cumbres se dan climas semi-fríos sub-húmedos y la vegetación característica dominante es la originada por la agricultura de temporal y riego.

La parte de la cuenca Río Lerma que se analiza, comprende los municipios de, Tarandacuao, Acámbaro, Santiago Maravatío, Tarimoro, Salvatierra, Jaral del Progreso, Yuriria, Uriangato y Moroleón, y en forma parcial los municipios de Jerécuaro, Celaya, Cortázar y Salamanca.

La cuenca donde queda localizada la Presa Solís se encuentra ubicada en la región hidrológica No. 12 denominada de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago; esta misma se subdivide en fracciones de tal manera que la parte de estudio se denomina Cuenca del Río Lerma hasta la Presa Solís, del Lago de Pátzcuaro, del río Grande de Morelia hasta el lago de Cuitzeo y de la laguna de Yuriria.

2.1. Serie de escurrimientos mensuales

Los registros de escurrimientos mensuales de las dos estaciones hidrométricas en estudio (La Boquilla y San Nicolás III), se extrajeron de la base del sistema BANDAS, teniendo inicialmente una longitud de registro con periodo comprendido entre (1948- 2012), que al analizar se encontró que existían muchos datos faltantes, para lo cual se procedió a tomar un periodo común de registro para las dos estaciones, quedando una longitud de registro comprendida de (1979 -2003) para las dos series (tabla 3 y 4); para estos registros los datos faltantes se completaron con base en el método de los promedios aritméticos.

Estación Hidrométrica: **LA BOQUILLA** (Jerécuaro) - **GTO.**
 Latitud (G,M,S): 21°, 03", 30' ; Longitud (G,M,S): 103°, 23", 50'

Tabla 3. Volúmenes de Escurrimientos mensuales (Mm³) estación hidrométrica La Boquilla.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1979	3738	2810	2948	2148	2341	3960	17523	20243	31254	2872	2454	5546
1980	4553	3247	1797	1390	1489	4685	42129	17487	27374	11226	5744	4294
1981	3584	1722	1644	1806	1692	23754	19424	26650	26057	5497	2905	2044
1982	1904	1418	1443	1133	1229	2334	42310	18284	5746	4481	2865	3394
1983	62	56	65	4779	0	0	2407	6228	4139	3	3854	0
1984	0	0	0	0	0	0	2630	1528	5223	1129	6537	0
1985	0	0	0	0	0	0	5030	3137	1360	27	0	0
1986	3438	3599	3238	2845	3271	45197	154811	31077	62245	49848	6768	4725
1987	4915	3554	3208	1894	2784	5541	49593	9135	40190	33018	4521	3394
1988	2837	2346	2191	1635	1396	14900	25632	18525	33133	10237	4721	3563
1989	3321	2869	4273	2736	2307	904	338	1804	1000	6837	2464	2010
1990	4560	13244	10307	986	1156	12662	44346	16503	185655	24576	7888	4077
1991	2580	2270	1920	1376	1185	4908	63054	19057	67828	12046	5207	5313
1992	202416	53024	12873	11098	12129	10898	0	1746	18389	38571	13725	6706
1993	15560	16427	17272	15037	14551	22086	79941	13145	41884	17602	14074	16481
1994	3384	2910	2871	2370	2170	22267	10973	24256	30214	7227	1541	1331
1995	2224	1388	4734	1439	1745	5845	80031	17419	65668	7195	2918	2268
1996	2309	3466	2309	1781	1744	8081	18863	21535	24038	25560	4445	3732
1997	2848	2645	3096	2887	2067	8669	19425	13994	16641	6149	3311	3400
1998	2753	2426	2355	2661	3005	3381	16912	37530	64704	21336	3190	2293
1999	2640	2316	2478	1714	2491	7738	30227	59682	36005	6942	3542	2821
2000	3078	2775	2851	2818	3496	20596	14953	13621	11025	11975	3350	2935
2001	2596	2297	2523	2624	2518	6623	28760	25882	40864	9143	2484	2461
2002	2336	2168	2344	2180	2541	9162	42173	73756	57006	13927	7428	3605
2003	3185	3041	3246	3132	3199	9746	44265	97417	131566	24578	11527	8750

Estación Hidrométrica: *San Nicolás III – GTO.*

Latitud: 19.954167 ; Longitud : -100.429167

Con un registro de periodo con datos: 1972-2003

Tabla 4. Volúmenes de Esguimientos mensuales (Mm³) estación hidrométrica San Nicolás III.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1979	10955	6197	11915	13827	10834	8526	5204	223	269	76	569	461
1980	0	0	0	2426	14445	6384	7543	1297	304	0	0	0
1981	0	0	58	7312	11754	3495	1615	10116	208	536	0	0
1982	1603	1144	3393	11920	10803	10308	877	7949	4478	324	59	41
1983	12792	4269	7960	245	13432	9110	348	222	353	871	0	146
1984	10728	11125	13881	13697	11247	5327	0	142	656	987	0	2650
1985	13728	11587	17304	15333	8400	8139	6246	8	6257	6214	3025	145
1986	17044	12645	16032	18522	12879	5162	409	8768	2163	102	323	1012
1987	16545	13744	15731	16136	10349	9230	3927	11741	10315	403	799	1300
1988	0	0	0	10924	16097	8442	19600	16520	0	0	0	5442
1989	15966	8625	12183	14924	5463	0	35289	0	0	5948	2050	1806
1990	2861	12058	10017	0	11600	2599	0	12960	0	0	0	0
1991	17369	16705	17378	12809	10911	1891	0	0	0	0	0	0
1992	9272	13109	12258	11527	10039	4537	12235	0	903	0	213	0
1993	10107	6521	11799	14190	15019	11058	0	990	0	0	0	1563
1994	15866	7322	14512	15986	16508	4687	501	1089	0	0	0	2091
1995	13876	7314	14921	15518	13531	2321	536	4639	1025	250	0	8066
1996	10493	10600	14996	14627	8314	2850	0	0	472	0	114	1836
1997	10880	7250	8110	10618	6855	8459	0	0	613	767	486	1608
1998	0	0	0	5626	13833	6990	1155	0	0	0	628	982
1999	13264	11329	13734	16304	14796	5575	0	0	1114	295	0	0
2000	0	0	12758	13908	13081	0	0	8011	2844	0	0	0
2001	0	0	5096	14588	12121	1926	0	341	0	0	19	3695
2002	12967	6701	12678	13796	9153	378	435	454	511	0	0	1744
2003	8780	7735	11591	11840	12743	1013	662	806	3874	1638	1281	1915

Los registros anteriores (tabla 3 y 4) representan las entradas al vaso de la Presa Solís por separado, por lo que para el estudio se requiere la entrada total de volúmenes de escurrimientos a la presa, por ello se determinó una serie única formada por la suma de los escurrimientos mensuales de las dos series correspondientes a las estaciones en estudio (La Boquilla y San Nicolás III), ésta serie suma o histórica (tabla 5), será con la cual se procederá a realizar la generación sintética empleando el modelo PAR(p).

Volúmenes de Escorrimento para generación sintética: Datos Mensuales

Volumen total de entrada al vaso = Suma de volúmenes de las 2 estaciones

Tabla 5. Volúmenes de Escorrimentos mensuales totales (Mm³) de entrada al vaso de la presa Solís.

n	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1	1979	14693	9007	14863	15975	13175	12486	22727	20465	31523	2948	3023	6007
2	1980	4553	3247	1797	3816	15934	11069	49672	18784	27678	11226	5744	4294
3	1981	3584	1722	1702	9118	13446	27249	21038	36766	26265	6033	2905	2044
4	1982	3507	2562	4836	13053	12032	12642	43187	26233	10224	4805	2924	3435
5	1983	12854	4325	8025	5024	13432	9110	2756	6450	4493	874	3854	146
6	1984	10728	11125	13881	13697	11247	5327	2630	1670	5879	2116	6537	2650
7	1985	13728	11587	17304	15333	8400	8139	11276	3145	7618	6241	3025	145
8	1986	20482	16244	19270	21367	16151	50360	155220	39845	64408	49950	7091	5737
9	1987	21460	17298	18939	18030	13133	14772	53520	20876	50505	33421	5320	4694
10	1988	2837	2346	2191	12559	17494	23342	45232	35045	33133	10237	4721	9005
11	1989	19286	11494	16456	17660	7771	904	35627	1804	1000	12785	4514	3816
12	1990	7421	25302	20324	986	12756	15261	44346	29463	185655	24576	7888	4077
13	1991	19949	18975	19297	14185	12096	6800	63054	19057	67828	12046	5207	5313
14	1992	211688	66133	25132	22625	22168	15435	12235	1746	19292	38571	13937	6706
15	1993	25667	22949	29071	29227	29570	33144	79941	14134	41884	17602	14074	18044
16	1994	19250	10232	17384	18356	18678	26955	11474	25344	30214	7227	1541	3423
17	1995	16101	8703	19655	16957	15276	8165	80567	22057	66693	7445	2918	10334
18	1996	12802	14066	17305	16408	10058	10931	18863	21535	24511	25560	4559	5568
19	1997	13729	9894	11206	13505	8923	17128	19425	13994	17254	6916	3797	5008
20	1998	2753	2426	2355	8287	16837	10370	18067	37530	64704	21336	3818	3275
21	1999	15904	13645	16212	18017	17287	13313	30227	59682	37119	7237	3542	2821
22	2000	3078	2775	15608	16726	16576	20596	14953	21632	13870	11975	3350	2935
23	2001	2596	2297	7618	17213	14639	8549	28760	26223	40864	9143	2504	6156
24	2002	15303	8869	15022	15976	11694	9540	42608	74210	57517	13927	7428	5349
25	2003	11965	10777	14837	14972	15942	10759	44926	98223	135440	26216	12807	10665

2.2. Prueba de homogeneidad a la serie de escurrimientos mensuales

Para poder ajustar una serie de tiempo (escurrimientos mensuales) a un modelo estocástico (ver capítulo 3), como lo es el modelo $PAR(p)$ y generar series sintéticas con éste, es necesario asegurar que el registro histórico de escurrimientos es representativo, por eso es muy importante realizar un estudio estadístico previo a la serie histórica de los volúmenes de escurrimientos de entrada al vaso de la presa. Este análisis consiste básicamente en detectar si los escurrimientos o aportaciones presentan cambios significativos en el padrón de la serie original, es decir, que los escurrimientos procedan de una sola población y que no exhiben componentes determinísticas significativas desde un punto de vista estadístico. Para lograr lo anterior es necesario aplicar a las series de tiempo las pruebas estadísticas de homogeneidad, las cuales se describen a continuación.

Definición

Las pruebas de homogeneidad determinan si en dos variables categóricas, una de ellas tiene relación o influencia con el resultado de la otra.

Generalmente la falta de homogeneidad de los datos es inducida por actividades humanas o procesos naturales (deforestación, rectificación de cauces, construcción de embalses, apertura de nuevas áreas de cultivo, incendios forestales, terremotos, deslizamientos de laderas).

Las características estadísticas de las series hidrológicas se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o en la varianza o cuando ocurren saltos negativos o positivos; tales anomalías son producidas por la pérdida de homogeneidad y la inconsistencia.

En resumen, las pruebas básicas de homogeneidad ayudan a establecer la representatividad cuantitativa del registro histórico de escurrimientos y a formular consideraciones sobre la exactitud de los resultados del diseño del embalse por simulación de su operación histórica.

Las pruebas estadísticas para medir la homogeneidad de la serie de datos que comúnmente se emplean en un análisis hidrológico son: La prueba de secuencias o prueba estadística de Helmert, la Prueba de t-Student y de Cramer, que a continuación se describen.

a) Prueba de Secuencias y test de Helmert

Estas pruebas son conocidas como básicas para detectar inconsistencias en las series de tiempo (escurrimientos mensuales).

En la *prueba de secuencias*, el procedimiento consiste en definir la mediana de la serie que se analiza, para lo cual los datos se ordenan según su magnitud, si el número (n) es impar, la mediana es el valor central; si (n) es par corresponde a la media aritmética de las dos magnitudes centrales. Con base en la mediana se marca en la serie original con A si el dato es mayor y con B si es menor, las secuencias o sucesión (u) de valores de A o B son contabilizadas y se concluye que la serie es homogénea si u está en el intervalo que marca

la tabulación siguiente de acuerdo al tamaño de la muestra (n). Si se obtiene un alto valor de u la inhomogeneidad se puede deber a un exceso de oscilación de la serie, en cambio si u es reducido puede haber tendencia o cambio en la media. Los valores de n y u se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Valores para pruebas de secuencias

n	u	n	u	n	u	n	u
12	5 a 8	22	9 a 14	32	13 a 20	50	22 a 30
14	5 a 10	24	9 a 16	34	14 a 21	60	26 a 36
16	6 a 11	26	10 a 17	36	15 a 22	70	31 a 41
18	7 a 12	28	11 a 18	38	16 a 23	80	35 a 47
20	8 a 13	30	12 a 19	40	16 a 25	100	45 a 57

En la **Prueba de Helmer** se debe analizar el signo de las desviaciones de cada evento x_i^j de la serie j para $i=1,2,\dots, n_j$, respecto a su valor medio \bar{x}^j .

Si una desviación de un cierto signo es seguida de otra del mismo signo, entonces se forma una secuencia S, de lo contrario se considera como un cambio C.

La serie se considera homogénea si cumple:

$$(S - C) \leq \sqrt{n_j - 1} \quad \text{Ec. 1}$$

Cada año, excepto el primero definirán una secuencia o un cambio, es decir, la serie es homogénea cuando la diferencia entre el número de secuencias y el de cambios es cero, o bien está dentro de los límites debidos a un error probable, los cuales dependen de la longitud del registro es decir:

$$(S - C) = 0 \pm \sqrt{n - 1} \quad \text{Ec. 2}$$

Si $S > C$, algún tipo de variación en la medida o una tendencia están originalmente perdida de homogeneidad; por el contrario, si $C > S$, hay alguna forma de oscilación presente.

b) Prueba estadística t de Student

Consiste en el análisis de un cambio abrupto en la media. Sea una serie Q_i^j para $i=1,2,\dots,n_j$, del sitio j, la cual se divide en dos conjuntos de tamaño $n_1 = n_2 = \frac{n_j}{2}$, el estadístico de prueba se define con la expresión:

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

\bar{x}_1, s_1^2 son la media y la varianza de la primera parte del registro de tamaño n_1

\bar{x}_2, s_2^2 son la media y la varianza de la segunda parte del registro de tamaño n_2

El valor absoluto de t_d se compra con el valor de la distribución t de Student de dos colas y con $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha = 0.05$.

Si y solo si el valor absoluto de t_d es mayor que la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie Q_i^j se considera no homogénea.

c) Prueba estadística de Cramer

Se utiliza para verificar la homogeneidad en el registro Q_i^j de la serie j para $i=1,2,\dots, n_j$ y si el valor medio no varía significativamente de un periodo de tiempo a otro.

Considerando tres bloques:

1° el tamaño total de la muestra n_j

2° el tamaño n_{60} (60% de los últimos valores de la muestra n_j)

3° el tamaño n_{30} (30% de los últimos valores de la muestra n_j)

La prueba compara el valor de \bar{Q}^j del registro total con cada una de las medias de los bloques elegidos \bar{Q}_{60}^j y \bar{Q}_{30}^j . Para que la serie sea estacionaria en la media, no debe existir una diferencia significativa entre las medias de los bloques.

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j} \quad \text{Ec. 4}$$

$$S_Q^j = \left[\frac{1}{(n_j - 1)} \sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2 \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 5}$$

$$\bar{Q}_{60}^j = \sum_{k=1}^{n_{60}} \frac{Q_k^j}{n_{60}} \quad \text{Ec. 6}$$

$$\bar{Q}_{30}^j = \sum_{k=1}^{n_{30}} \frac{Q_k^j}{n_{30}} \quad \text{Ec. 7}$$

$$\tau_{60}^j = \frac{\bar{Q}_{60}^j - \bar{Q}^j}{S_Q^j} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\tau_{30}^j = \frac{\bar{Q}_{30}^j - \bar{Q}^j}{S_Q^j} \quad \text{Ec. 9}$$

$$t_w = \left\{ \frac{n_w(n_j - 2)}{n_j - n_w [1 + (\tau_w^j)^2]} \right\}^{1/2} / \tau_w^j \quad \text{Ec. 10}$$

Entonces el estadístico t_w (para $w=60$ y $w=30$), se compra con el valor de la distribución t de Student de dos colas (tablas), teniendo $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha=0.05$.

Y si y solo si, el valor absoluto de t_w , para $w=60$ y $w=30$, es mayor que es de la distribución t de Student, la diferencia entre las medias tendrá inconsistencia y por lo tanto la serie Q_i^j se considera no homogénea.

Aplicación de la prueba de Homogeneidad a las series de tiempo en estudio.

Para este trabajo, se aplicó la prueba de Homogeneidad t de Student descrita en el apartado anterior a los registros de las dos estaciones hidrométricas disponibles (La Boquilla y San Nicolás III, tablas 3 y 4), en forma anual, esto, por practicidad para el trabajo, sin embargo, para un estudio real se debe realizar con todos los valores de la serie.

Tabla 6. Estación Hidrométrica: LA BOQUILLA
Volúmenes de escurrimiento anual

n	Año	Vol Anual Mm3
1	1979	97836.57
2	1980	125414.86
3	1981	116778.67
4	1982	86541.00
5	1983	21593.90
6	1984	17047.44
7	1985	9554.56
8	1986	371062.67
9	1987	161746.19
10	1988	121116.99
11	1989	30863.52
12	1990	325960.22
13	1991	186743.98
14	1992	381575.49
15	1993	284061.01
16	1994	111513.47
17	1995	192874.32
18	1996	117861.96
19	1997	85131.96
20	1998	162545.86
21	1999	158598.53
22	2000	93472.79
23	2001	128776.10
24	2002	218626.60
25	2003	343652.26

Tamaño muestra total = 25

Media aritmética muestra total = 144291.95

Mediana muestral = 125414.86

Media = 114938.71

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}}$$

$n_1 = 12$

x_1 media = 123793.0488

S_1 varianza sesg = 12425028334

S_1 varianza insesg = 13554576365

$n_2 = 13$

x_2 media = 189648.7946

S_2 varianza sesg = 8243183803

S_2 varianza insesg = 8930115787

$t_d = / -0.000013574/$

El valor absoluto de t_d se compara con el valor de la distribución t de Student de dos colas (tablas) y con $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha = 0.05$

Con:

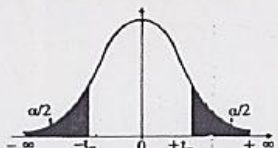
$\nu = 12 + 13 - 2 = 23$

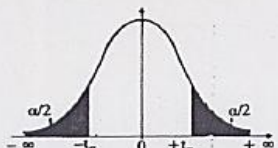
$\alpha = 0.05$

Se debe cumplir que: $|t_d| < t_{\nu, 1-\alpha/2}$; $| -0.000013574/ | < t_{23, 0.975}$

Con los valores anteriores se entra a la tabla 7 y se determina el valor de t

Tabla 7. Distribución t de Student



		Distribución t de Student								
										
α	ν	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.929
4	4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674

Donde: $t_{23, 0.975} = 2.069$

Finalmente al comparar los valores obtenidos $-0.000013574/ < 2.069$; se puede concluir que la serie es **homogénea**.

El procedimiento anterior se repite para la serie de la tabla 8, como se muestra a continuación:

Tabla 8. Estación Hidrométrica: SAN NICOLAS III
Volúmenes de escurrimiento anual

n	Año	Vol Anual Mm3
1	1979	69055.94
2	1980	32399.34
3	1981	35092.81
4	1982	52898.07
5	1983	49748.69
6	1984	70440.03
7	1985	96385.61
8	1986	95061.69
9	1987	110219.88
10	1988	77025.19
11	1989	102253.31
12	1990	52094.76
13	1991	77062.81
14	1992	74093.04
15	1993	71246.4
16	1994	78563.2
17	1995	81997.96
18	1996	64302.97
19	1997	55646.07
20	1998	29212.76
21	1999	76410.05
22	2000	50601.17
23	2001	37785.8
24	2002	58816.15
25	2003	63876.77

Tamaño muestra total = 25

$n_1=12$

x_1 media =70222.94333

S_1 varianza sesg =640629660.9

S_1 varianza insesg =698868721

$n_2=13$

x_2 media =63047.31923

S_2 varianza sesg =244374852.5

S_2 varianza insesg =264739423.6

Se obtiene $t_d =/ -0.0000348552/$

De la tabla 7 se obtiene el valor de: $t_{23, 0.975} = 2.069$

Finalmente al comparar los valores obtenidos $-0.0000348552/ < 2.069$; se puede concluir que la serie es **homogénea**.

Por lo anterior se puede concluir que las series de escurrimientos mensuales que se van a emplear en la generación sintética, presentan un comportamiento aleatorio lo cual es necesario para poder emplear el modelo $PAR(p)$, el cual necesita series de tiempo no determinísticas, o sea, formadas con variables aleatorias.

3. Series de tiempo

Una serie de tiempo es una colección de observaciones tomadas secuencialmente a través del tiempo. (Box-Jenkins, 1970)

El objetivo por el cual se analiza una serie de tiempo, es para obtener una exacta descripción de las características del particular proceso Hidrológico con el cual se generó la serie y poder desarrollar un modelo que reproduzca el comportamiento de ésta en términos de variables externas, así como reproducir propiedades similares del proceso observado.

Una serie de tiempo se puede dividir en series de tiempo simples (univariadas) y series múltiples (multivariadas), esto se refiere a la forma en como es observada la variable, es decir, en cuantos puntos del espacio es obtenida. La primera clasificación se refiere a que la variable es registrada en un solo punto en el espacio (ej. Altura de precipitación mensual registrada en una sola estación), y la segunda se refiere a que la variable es observada en varios puntos (ej. Escurrimientos en varios puntos del río, Altura de precipitación mensual en varias estaciones dentro de una cuenca).

Las series de tiempo que estudia la Hidrología son series formadas por variables aleatorias (que su comportamiento está regido por el azar), como lo son las alturas de precipitación, los escurrimientos mensuales no controlados o las evaporaciones mensuales en un vaso.

3.1. Procesos estocásticos

En un proceso hidrológico cuando la variabilidad y la aleatoriedad de las salidas es casi nula para una entrada al sistema, éste siempre presenta la misma salida, entonces se dice que el modelo describe un proceso determinista.

El proceso estocástico se define como un modelo matemático derivado de un proceso empírico con bases fundamentadas en leyes probabilísticas, esto es, todos los procesos hidrológicos como los son los escurrimientos pueden ser caracterizados por un proceso estocástico ya que el escurrimiento es una variable aleatoria.

El término estocástico se puede entender como aleatoriedad, o sea, regido por el azar y el proceso como un mecanismo generador de datos aleatorios como lo son los escurrimientos.

La Hidrología emplea los procesos estocásticos para la obtención de modelos que servirán en la generación de muestras aleatorios o series sintéticas, y en la predicción de valores futuros (pronósticos), apoyándose en las series de tiempo observadas en el pasado o series históricas. Algunos de los modelos estocásticos que emplea la Hidrología para la generación sintética son el AR, MA PAR, ARMA Y ARIMA.

La generación sintética consiste en ajustar una serie de tiempo a un modelo estocástico, esto es, determinar un modelo estocástico que mejor describa el comportamiento de la variable hidrológica en estudio y con éste modelo generar series de tiempo que se denominan sintéticas, las cuales conservan las mismas propiedades estadísticas de la serie

de tiempo original, lo cual asegura que la serie generada de esta manera es correcta para poder hacer procesos hidrológicos como lo es un funcionamiento de vaso.

Para el análisis de los volúmenes de escurrimiento o de lluvia, ya sea anual o mensual, se presentan los modelos estocásticos.

Los procesos estocásticos siguen reglas, la primera se refiere al tamaño de la serie de tiempo por analizar, la segunda se describe a que todos los valores de la serie pueden estar asociados a una distribución de probabilidad $f(x)$, la tercera indica la dependencia entre el modelo estocástico obtenido y la serie de tiempo analizada. Una vez que se define la distribución de probabilidad se obtienen el o los parámetros y se hace la elección del modelo con base en pruebas estadísticas, entonces el modelo estocástico queda definido por un modelo matemático o estocástico listo para generar con él series sintéticas.

Cabe mencionar que el enfoque estocástico es muy simple y práctico, pues la secuencia futura de escurrimientos o series generadas son estimadas con base en los parámetros estadísticos obtenidos del registro histórico.

3.2. Características de una serie de tiempo

Una serie de tiempo se analiza para obtener una exacta descripción de las características del particular proceso con el cual se generó la serie, y para desarrollar un modelo que reproduzca el comportamiento de ésta en términos de variables externas, así como reproducir propiedades similares del proceso observado.

Las series de tiempo se pueden dividir en series simples (*univariadas*, es decir, se mide una sola variable en una sola unidad experimental) y series múltiples (*multivariadas*, es decir, se miden más de dos variables en una unidad experimental), esto se refiere a la forma en como es observada la variable, es decir, en cuantos puntos del espacio es obtenida. La primera clasificación se refiere a que la variable es registrada en un solo punto del espacio y la segunda se refiere a que la variable es observada en varios puntos.

Las series simples y múltiples se distinguen por el intervalo de tiempo en el cual se observa la variable x_t , estos intervalos pueden ser de forma continua o fracciones del día, del año, e intervalos de un año.

Según la forma en como es registrada la variable x_t , las series se clasifican en *discretas* (Son aquellas donde las observaciones no se hacen de manera inmediata a la anterior, si no, con periodos de tiempo entre cada observación) y *continuas* (en donde las observaciones se hacen de manera inmediata a la anterior).

Para el análisis de una serie de tiempo se debe observar el comportamiento de sus estadísticos, como las *distribuciones de probabilidad* (Es el valor límite de la frecuencia relativa, cuando el experimento se repite una y otra vez), *medidas de tendencia central* (son las medidas a lo largo del eje horizontal que localiza el centro de la distribución) como la *media, moda o mediana*; *medidas de dispersión* (cuando los conjuntos de datos pueden tener el mismo centro pero parecen distintos en el resultado de la forma en que se dispersan del centro numeralmente) como lo son la *varianza* y la *desviación estándar* y *análisis de correlación* (el coeficiente de correlación es una medida de la fuerza de la relación lineal entre dos variables).

Los estadísticos antes mencionados son obtenidos por el concepto de esperanza de una *variable aleatoria X*.

Si la variable aleatoria X es discreta y P es la probabilidad de que ocurra el evento, entonces la *Esperanza* de X se define de la siguiente manera:

La esperanza de una variable aleatoria, es definida como la media poblacional o media de una variable aleatoria x , es decir, es el número $E(x)$ que formaliza la idea de valor medio de un fenómeno aleatorio.

$$E(X) = \sum_x xP(X = x) = \sum_x xP(x) \quad \text{Ec. 11}$$

Por el contrario si la variable aleatoria X es continua, entonces, la esperanza se define como:

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

f(x) es la función de densidad de probabilidad
x es la variable aleatoria.

El primer momento de X respecto del origen es igual a la esperanza de una variable aleatoria x, y se conoce como *Media*.

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx = \mu \quad \text{Ec. 13}$$

La *Varianza* de la variable x, es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media; y se expresa como el segundo momento de X alrededor de la media μ

$$E(X - \mu)^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx = \sigma^2 \quad \text{Ec. 14}$$

La *Covarianza* es la relación lineal entre dos variables aleatorias expresándose como:

$$E[(X - \mu_x)(X - \mu_y)] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (X - \mu_x)(X - \mu_y) f(x, y) dx dy = cov(X, Y) \quad \text{Ec. 15}$$

El *Coefficiente de correlación* entre dos variables X y es una medida de la fuerza de la relación lineal entre dos variables y se define como:

$$\rho = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad \text{Ec. 16}$$

Los estadísticos antes mencionados no solo dan un diagnóstico de la serie, sino también nos permiten clasificarla en función de sus componentes.

Antes de obtener los estadísticos es necesario analizar la representación gráfica de la serie, esto permitirá observar las características, estructura y componentes de la serie.

Un primer análisis grafico permitirá más adelante hacer una correcta selección del modelo estocástico a seguir.

3.3. Componentes de una serie de tiempo

En cuanto a las componentes que presentan las series de tiempo, éstas se dividen en dos grupos:

Series deterministas y series estocásticas. Las series deterministas se dividen en: periódicas y no periódicas.

Las series estocásticas se dividen en estacionarias y no estacionarias.

Estacionariedad

Se dice que las series anuales o mensuales son estacionarias, mientras que las series periódicas no lo son.

Cuando los valores de una serie presentan baja dispersión respecto a la media, la varianza permanece constante en el tiempo y la serie es independiente, se dice entonces que es una serie estacionaria.

Media, definida como, el promedio de un conjunto de n mediciones es igual a la suma de las divisiones dividida entre n.

$$X_t = E(X_t) = \mu \quad \text{Ec. 17}$$

Varianza

$$X_t = E[(X_t - \mu)^2] = \sigma^2 \quad \text{Ec. 18}$$

Autocorrelación

$$(X_t, X_{t+k}) = \frac{(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)}{\sigma^2} = \rho_k \quad \text{Ec. 19}$$

Si las medidas de la serie son iguales a las del universo, entonces se tendrá una probabilidad igual a 1 esto nos dice que las series X(t) son estacionarias en la medida o estacionarias de primer orden.

Lo mismo sucede con la *covarianza* definida como $S_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}$, si esta es independiente de la posición t pero dependiente del *retraso* τ y para un cierto retraso esta permanece proporcional al producto de la varianza del universo σ_x^2 multiplicada por una constante ρ_t que representa el *coeficiente de autocorrelacion* del universo (que es una medida de la fuerza de la relación lineal entre dos variables), entonces se dice que la serie es estacionaria en la covarianza.

Para el caso particular en que $\tau=0$ y $\rho_t=1$ se dice que también es estacionaria en la varianza.

Si las series son estacionarias en ambos parámetros se dice que las series son estacionarias de segundo orden.

Sin embargo, si las series son estacionarias en la covarianza no significa que también lo sea en la media, por lo general las series hidrológicas satisfacen que también lo sea en la media, por lo general las series hidrológicas satisfacen las dos condiciones y presentan estacionariedad de segundo orden.

Usualmente si la media y la varianza no cambian a lo largo de las series, en hidrología se puede decir que esta es una prueba que permite definir la estacionariedad de un proceso estocástico.

Periodicidad (Ciclicidad)

Una serie de tiempo puede representarse por medio de una función seno o coseno, es decir, una serie de escurrimientos o lluvias que presentan una componente periódica muy cercana a una función seno.

Al analizar una serie mensual, un patrón estacional aparecerá en intervalos de 12 meses y esto existirá con un grado de regularidad.

Este efecto se define como *fluctuaciones estacionales o periódicas* (que son movimientos oscilatorios alrededor de una tendencia, caracterizados por diferentes fases sucesivas recurrentes de expansión y contracción, de mayor o menor amplitud).

Si en la representación gráfica de la serie, se presentan repetidos valores cercanos a los anteriores en intervalos de tiempo regulares, se dice, que la serie presenta una propiedad llamada *periodicidad*.

Tendencia

Se define como cualquier cambio sistemático en el nivel de la serie de tiempo. Si presenta tendencia, se dice que es no estacionaria.

Si no existe tendencia en la serie se asume que la media es constante y para cada periodo de tiempo se asume que el valor observado es representativo de la media.

En la representación gráfica de la serie y en el correlograma, se pueden observar si existen tendencias lineales o no lineales así como saltos en la serie.

Para analizar la estacionariedad se recomienda eliminar primeramente la tendencia de la serie.

Análisis de una serie

Una serie antes de ser empleada en la generación de datos o en la predicción, se debe analizar qué; los estadísticos permanezcan constantes, no exista tendencia en los datos y que no exista algún patrón estacional o periódico.

Si no se cumple lo anterior, se deberá emplear alguno de los métodos siguientes:

a) Estabilización de la varianza

Para estabilizar la varianza se usa el método de ajustar los datos a una curva, considerando la varianza constante; también, se puede aplicar el *método de Box- Cox* (es el proceso de transformación, el cual utiliza los modelos de regresión para establecer un proceso de normalización) o calculando las raíces cuadradas de los valores de la serie.

b) Remoción de la tendencia

La remoción de la tendencia se hace por medio del proceso de diferenciación o ajustando la serie a un polinomio, los procedimientos anteriores no siempre logran la remoción total, sin embargo, en la mayoría de los casos resulta exitosa.

c) Eliminación de la estacionariedad

Se lleva a cabo mediante el método de diferenciación, en este proceso se debe cuidar la diferenciación de la serie solo hasta lograr eliminar la estacionalidad ya que este proceso elimina términos de la serie.

Proceso de normalización

Este proceso es la operación mediante la cual la serie de tiempo es transformada a una serie normal. El proceso mediante el cual se logra es empleando el método de Box-Cox o simplemente obteniendo el logaritmo natural.

Proceso de estandarización

Es la operación mediante la cual se convierte la media y la desviación estándar en cero y uno respectivamente. La operación empleada es la siguiente:

$$z_t = \frac{y_t - \mu_t}{\sigma_t} \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

z_t = serie normalizada y estandarizada

y_t = serie normalizada

μ_t = la media

σ_t = desviación estándar.

4. Modelo autoregresivo periódico PAR(p)

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones (x_t) realizadas de forma secuencial, estas pueden ser anuales o periódicas.

Las series de tiempo hidrológicas pueden ser univariadas (precipitación y escurrimiento anual o mensual en una estación) o multivariadas (precipitación o escurrimiento anual o mensual).

Para el caso de la asociación entre dos variables se tienen los procesos hidrológicos lluvia-escurrimiento, escurrimiento – descarga de sedimento, lluvia – descarga de sedimento y temperatura de agua- contenido de oxígeno.

Las series univariadas se describen generalmente a través de sus características estadísticas.

La expresión matemática que define la relación entre variables se le llama ecuación de regresión.

Cuando se correlacionan dos variables, la relación se conoce como regresión simple. Cuando se correlaciona con dos o más se trata de una regresión múltiple.

El análisis de regresión se lleva a cabo considerando que las variables dependientes e independientes cumplen que:

- 1) Pertenecen a una distribución normal. Si no es el caso, se debe efectuar un proceso de transformación normalizante.
- 2) Están especialmente correlacionadas (coeficiente de correlación lineal diferente de cero).
- 3) Son serialmente independientes (prueba de independencia de eventos).

Para el modelo autorregresivo PAR(p) se emplean series mensuales y periódicas.

Las características estadísticas de las series anuales x_t , $t=1,2,\dots,n$ años de registro, son:

1. Media

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_t \quad \text{Ec. 21}$$

2. Varianza sesgada

$$S_{sesg}^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2 \quad \text{Ec. 22}$$

3. Varianza insesgada

$$S_{insesg}^2 = \frac{n}{n-1} S_{sesg}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2 \quad \text{Ec. 23}$$

4. Coeficiente de asimetría sesgado

$$g_{sesg} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^3}{(S_{sesg}^2)^{3/2}} \quad \text{Ec. 24}$$

5. Coeficiente de asimetría insesgado

$$g_{insesg} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} g_{sesg} \quad \text{Ec. 25}$$

6. Coeficiente de curtosis sesgado

$$k_{sesg} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^4}{(S^2)^2} \quad \text{Ec. 26}$$

7. Coeficiente de curtosis insesgado

$$k_{insesg} = \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} k_{sesg} \quad \text{Ec. 27}$$

8. Desviación Estándar

$$S = \sqrt{S^2} \quad \text{Ec. 28}$$

9. Función de autocovarianza lineal

$$c_k = \frac{1}{n-k} \sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x}), \quad 0 \leq k \leq n \quad \text{Ec. 29}$$

Donde:

k , es el tiempo de retraso o distancia entre los pares (x_t, x_{t+k})

10. Coeficiente de autocorrelación serial

$$r_k = \frac{C_k}{C_0} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \quad \text{Ec. 30}$$

Donde:

r_k = estimador del coeficiente de autocorrelación serial poblacional ρ_k

De otra forma, para una serie periódica las características estadísticas de cada periodo τ (si $x_{v,\tau}$, para $v = 1, 2, \dots, n$ años y $\tau = 1, 2, \dots, \omega$ periodos en el año), son las siguientes:

- Media

$$\bar{x}_\tau = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_{v,\tau}, \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad \text{Ec. 31}$$

- Varianza insesgad

$$S_\tau^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{v=1}^n (x_{v,\tau} - \bar{x}_\tau)^2 \quad \text{Ec. 32}$$

- Coeficiente de asimetría insesgado

$$g_\tau = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} g_\tau^{sesg} \quad \text{Ec. 33}$$

- Coeficiente de curtosis insesgado

$$k_\tau = \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} k_\tau^{sesg} \quad \text{Ec. 34}$$

- Coeficiente de autocorrelación serial

$$r_{k,\tau} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n (x_{v,\tau} - \bar{x}_\tau) (x_{v,\tau-k} - \bar{x}_{\tau-k})}{S_\tau^2} \quad \text{Ec. 35}$$

Donde:

$r_{k,\tau}$ = Estimador del coeficiente de autocorrelación serial poblacional $\rho_{k,\tau}$

Cuando $\tau-k < 1$ los términos $\frac{1}{n}$, $v=1$, $x_{v,\tau-k}$, $\bar{x}_{\tau-k}$ y $S_{\tau-k}$ de la expresión (Ec. 35) se reemplazan por $\frac{1}{n-1}$, $v=2$, $x_{v-1,\omega+\tau-k}$, $\bar{x}_{\omega+\tau-k}$ y $S_{\omega+\tau-k}$.

Recordando que para poder ajustar una serie al modelo PAR(p), antes se debe remover la tendencia, quitar la periodicidad o lograr que la serie sea estacionaria, se deben normalizar y_t y estandarizar z_t .

Se dice que una serie de tiempo es regida por un proceso Autorregresivo, si la serie Z_t puede ser expresada como una función lineal. Este proceso hace uso de valores anteriores a Z_t como lo son Z_{t-1} , es por ello que este modelo se denomina autorregresivo.

4.1. Forma general del modelo autorregresivo anual PAR(p)

La forma general del modelo PAR(p) es (Salas et al, 1988)

$$z_{v,\tau} = \phi_{1,\tau}Z_{v,\tau-1} + \dots + \phi_{p,\tau}Z_{v,\tau-p} + \sigma_{\varepsilon\tau}\xi_{v,\tau} \quad \text{Ec. 36}$$

Donde:

p es el orden del modelo autorregresivo periódico

$\sigma_{\varepsilon\tau}$ es la desviación estándar de la serie de residuales $\varepsilon_{v,\tau}$

$\xi_{v,\tau}$ es la serie con distribución Normal estándar $E[\xi_{v,\tau}] = 0$ y $\text{Var}(\xi_{v,\tau}) = 1$

$z_{v,\tau}$ es la variable estandarizada con la ecuación 37 a 39, y $E[z_{v,\tau}] = 0$ y $\text{Var}(z_{v,\tau}) = 1$

$$z_{v,\tau} = \frac{y_{v,\tau} - \mu_{\tau}}{\sigma_{\tau}} \quad \text{Ec. 37}$$

$$\mu_{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n y_{v,\tau}, \quad \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad \text{Ec. 38}$$

$$\sigma_{\tau} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{v=1}^n (y_{v,\tau} - \mu_{\tau})^2 \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 39}$$

Donde:

$y_{v,\tau}$ es el registro normalizado de la serie $x_{v,\tau}$, para $v = 1, 2, \dots, \omega$ años y $\tau = 1, 2, \dots, \omega$ periodos y $E[y_{v,\tau}] = \mu_{\tau}$ y $\text{Var}(y_{v,\tau}) = \sigma_{\tau}^2$

Las varianzas de los residuales se pueden obtener como (Salas et al, 1988)

$$\sigma_{\varepsilon\tau}^2 = \left(1 - \sum_{j=1}^p \phi_{j,\tau} \rho_{j,\tau} \right) \quad \text{Ec. 40}$$

Donde:

$\phi_{j,\tau}$ es el coeficiente autorregresivo periódico

$\rho_{j,\tau}$ es el coeficiente de autocorrelación serial de la variable $y_{v,\tau}$

$$\rho_{k,\tau} = \phi_{1,\tau}\rho_{k-1,\tau-1} + \phi_{2,\tau}\rho_{k-2,\tau-1} + \dots + \phi_{p,\tau}\rho_{k-p,\tau-p} = \sum_{j=1}^p \phi_{j,\tau}\rho_{k-j,\tau-l_j}; k > 0 \quad \text{Ec.41}$$

Donde:

l_j es el mínimo de (k,j) y $\rho_{0,\tau} = 1$

Los parámetros $\phi_{1,\tau}, \phi_{2,\tau}, \dots, \phi_{p,\tau}$ se estiman al resolver el sistema de p ecuaciones no lineales (Ec. 41) donde los coeficientes $\rho_{k,\tau}$ se sustituyen por los estimadores r_k de la expresión (Ec. 35) y los parámetros $\phi_{j,\tau}$ se reemplazan por $\widehat{\phi}_{j,\tau}$

La expresión 41 se utiliza para determinar los parámetros de los modelos periódicos, al sustituir los coeficientes $\rho_{k,\tau}$ por los estimadores $r_{k,\tau}$ de la expresión (Ec. 40).

$$r_k = \widehat{\phi}_1 r_{k-1} + \widehat{\phi}_2 r_{k-2} + \dots + \widehat{\phi}_p r_{k-p}, \quad k > 0 \quad \text{Ec. 42}$$

En general, las condiciones que deben cumplir los parámetros periódicos $\phi_{j,\tau}$ no son fáciles de derivar, sin embargo, se pueden utilizar como una aproximación las condiciones derivadas de la expresión (Ec. 43) para cada periodo τ .

$$u^p - \phi_1 u^{p-1} - \phi_2 u^{p-2} - \dots - \phi_p = 0 \quad \text{Ec. 43}$$

Las series $\xi_{v,\tau}$ se obtiene a través del procedimiento propuesto por Box y Muller, el cual consiste en proponer números u_1 y u_2 con distribución uniforme en el intervalo (0,1) y sustituirlos en las expresiones (44) y (45). Estas series, se generan para cada periodo τ .

Este procedimiento calcula números aleatorios con distribución normal estándar por parejas y se deberá realizar tantas veces como el tamaño de muestra deseado para el objetivo de generar muestras sintéticas.

$$\xi_1 = [2 \ln \left(\frac{1}{u_1} \right)]^{1/2} \cos(2\pi u_2) \quad \text{Ec. 44}$$

$$\xi_2 = [2 \ln \left(\frac{1}{u_1} \right)]^{1/2} \text{sen}(2\pi u_2) \quad \text{Ec. 45}$$

Una vez que se han obtenido los parámetros del modelo y se ha probado que cumplen las condiciones aproximadas de (Ec. 30) se debe verificar que la serie de residuales ε_t (Ec. 46) tienen una distribución Normal y son independientes.

$$\varepsilon_{v,\tau} = Z_{v,\tau} - \sum_{j=1}^p \phi_{j,\tau} Z_{v,\tau-j}, \quad v = 1, 2, \dots, n; \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad \text{Ec. 46}$$

La normalidad se verifica considerando que el coeficiente de asimetría de los residuales $g_\varepsilon = 0$. La independencia se comprueba a través de la prueba Anderson o utilizando la prueba Porte Manteau (Salas et al, 1988), la cual utiliza el estadístico

$$Q = n \sum_{k=1}^L r_k^2(\varepsilon) \quad \text{Ec. 47}$$

Donde:

$r_k^2(\varepsilon)$, es el correlograma obtenido al aplicar la expresión (35) a la serie de residuales ε_t
 L , es el máximo retraso considerado, $L \approx 0.30 n$

El estadístico Q está distribuido en forma Chi-cuadrada con L-p grados de libertad. Si para cierto nivel de confianza $Q < x_{(L-p)}^2$, entonces ε_t es independiente y el modelo adecuado.

Para seleccionar el mejor modelo que describe el comportamiento de la serie de tiempo se utiliza el criterio de información de Akaike

$$CIA_{(p)} = n \ln \sigma_{\varepsilon}^2 + 2p \quad \text{Ec. 48}$$

Dentro de las opciones que se manejan en el modelado, la mejor opción será la que proporcione el mínimo valor de CIA.

4.2. Modelo autorregresivo periódico PAR(1)

La forma de este modelo es:

$$z_{v,\tau} = \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1} + \varepsilon_{v,\tau} \quad \text{Ec. 49}$$

$$z_{v,\tau} = \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1} + \sigma_{\varepsilon\tau} \xi_{v,\tau} \quad \text{Ec. 50}$$

De acuerdo con la expresión (41) los parámetros auto regresivo periódicos se estiman como:

$$\widehat{\phi}_{1,\tau} = r_{1,\tau} \quad \text{para } \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad \text{Ec. 51}$$

Para cubrir la condición de estacionariedad (43) se debe cumplir que

$$-1 < \widehat{\phi}_{1,\tau} < 1 \quad \text{Ec. 52}$$

$$-1 < \rho_{1,\tau} < 1 \quad \text{Ec. 53}$$

La serie de residuales se obtiene a partir de $\varepsilon_{v,2}$ con la expresión (54) se considera $\varepsilon_1 = 0$.

$$\varepsilon_{v,\tau} = Z_{v,\tau} - \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1} \quad \text{Ec. 54}$$

La varianza de los residuales se obtiene a partir de la expresión (35) como

$$\widehat{\sigma}_{\varepsilon\tau}^2 = S_{\tau}^2 (1 - \widehat{\phi}_{1,\tau}^2) \quad \text{Ec. 55}$$

4.3. Modelo autorregresivo periódico PAR(2)

La forma del modelo es

$$z_{v,\tau} = \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1} + \phi_{2,\tau} Z_{v,\tau-2} + \varepsilon_{v,\tau} \quad \text{Ec. 56}$$

$$z_{v,\tau} = \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1} + \phi_{2,\tau} Z_{v,\tau-2} + \sigma_{\varepsilon\tau} \xi_{v,\tau} \quad \text{Ec. 57}$$

De acuerdo con la expresión (51) los parámetros auto regresivos periódicos se estiman como:

$$\hat{\phi}_{1,\tau} = \frac{r_{1,\tau} - r_{1,\tau-1} r_{2,\tau}}{1 - r_{1,\tau-1}^2}, \quad \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad \text{Ec. 58}$$

$$\hat{\phi}_{2,\tau} = \frac{r_{2,\tau} - r_{1,\tau-1} r_{1,\tau}}{1 - r_{1,\tau-1}^2}, \quad \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad \text{Ec. 59}$$

Para cubrir la condición de estacionareidad (41) se debe cumplir que

$$\hat{\phi}_{1,\tau} + \hat{\phi}_{2,\tau} < 1 \quad \text{Ec. 60}$$

$$\hat{\phi}_{2,\tau} - \hat{\phi}_{1,\tau} < 1 \quad \text{Ec. 61}$$

$$-1 < \hat{\phi}_{2,\tau} < 1 \quad \text{Ec. 62}$$

La serie de residuales se obtiene a partir de $\varepsilon_{v,3}$ con la expresión

$$\varepsilon_{v,\tau} = Z_{v,\tau} - \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1} + \phi_{2,\tau} Z_{v,\tau-2} \quad \text{Ec. 63}$$

La varianza de los residuales se obtiene a partir de la expresión (42) como

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon\tau}^2 = S_{\tau}^2 \left(\frac{1 + \hat{\phi}_2}{1 - \hat{\phi}_2} \right) \left[(1 - \hat{\phi}_2)^2 - \hat{\phi}_1^2 \right] \quad \text{Ec. 64}$$

5. Generación sintética de escurrimientos mensuales mediante el modelo PAR(p)

En este trabajo, para generar las series sintéticas de escurrimientos mensuales con el modelo PAR(p) que mejor se ajustó a la serie de escurrimientos de entrada al vaso de la presa Solís $x_{t,\tau}$, se siguieron los pasos que a continuación se describen y que en el subcapítulo 5.1 y 5.2 se detallan. Cabe mencionar que en este estudio sólo se generaron 5 muestras o series sintéticas.

1. Selección del mejor modelo PAR(p) para generación sintética:

- a. Se verifica si la serie $x_{v,\tau}$ es homogénea
- b. Se verifica que la serie de tiempo $x_{v,\tau}$ es independiente, mediante la prueba de Anderson
- c. Se determinan los estadísticos de la serie de tiempo histórica $x_{v,\tau}$ junto con sus coeficientes de autocorrelación mediante la prueba de independencia $r_{k,\tau}$

- d. Se obtiene la serie normalizada $y_{v,\tau}$ a partir de la serie $x_{v,\tau}$

$$y_{v,\tau} = \ln(x_{v,\tau})$$

- e. Se determinan los estadísticos de la serie normalizada $y_{v,\tau}$ junto con sus coeficientes de autocorrelación mediante la prueba de independencia $r_{k,\tau}$

- f. Se obtiene la serie estandarizada $z_{v,\tau}$ a partir de la serie $y_{v,\tau}$.

$$z_{v,\tau} = \frac{y_{v,\tau} - \bar{y}_\tau}{s_\tau}$$

- g. Con los coeficientes de autocorrelación $r_{k,\tau}$ de la serie normalizada, se determinan los parámetros autorregresivos periódicos $\phi_{j,\tau}$ de los modelos PAR(p), cumpliendo la condición de estacionariedad. Utilizando las expresiones (51), (58) y (59) obtener los estimadores por momentos de los parámetros periódicos de los modelos PAR(1) y PAR(2).

Los parámetros $\phi_{1,\tau}, \phi_{2,\tau}, \dots, \phi_{p,\tau}$ se estiman al resolver el sistema de p ecuaciones no lineales (Ec. 41) donde los coeficientes $\rho_{k,\tau}$ se sustituyen por los estimadores r_k de la expresión (Ec. 35) y los parámetros $\phi_{j,\tau}$ se reemplazan por $\widehat{\phi}_{j,\tau}$

- h. Se determinan las varianzas de los residuales $\hat{\sigma}_{\varepsilon\tau}^2$ a partir de los parámetros autorregresivos periódicos $\widehat{\phi}_{j,\tau}$, empleando las Ecuaciones (55 y 64).

- i. Empleando los parámetros autorregresivos periódicos $\phi_{j,\tau}$ se aplica el criterio de información de Akaike (Ec.48), para seleccionar el mejor modelo de ajuste PAR(p).

2. Generación sintética mediante el modelo PAR(p):

- a. Se determinan los residuales $\varepsilon_{v,\tau}$ de la serie estandarizada $z_{v,\tau}$ empleando los coeficientes de autocorrelación $\phi_{j,\tau}$ del mejor modelo seleccionado en el procedimiento anterior.

$$\varepsilon_{v,\tau} = z_{v,\tau} - \phi_{j,\tau} z_{v,\tau-1}$$

- b. Se calculan los estadísticos de los residuales $\varepsilon_{v,\tau}$ junto con sus coeficientes de autocorrelación mediante la prueba de independencia $r_{k,\tau}$

- c. Se determinan los números aleatorios $\xi_{v,\tau}$ mediante el procedimiento de Box-Müller $\xi_1 = [2 \ln\left(\frac{1}{u_1}\right)]^{1/2} \cos(2\pi u_2)$ y $\xi_2 = [2 \ln\left(\frac{1}{u_1}\right)]^{1/2} \sin(2\pi u_2)$; donde: u_1 y u_2 son números aleatorios entre (0,1).

- d. Con la expresión del modelo PAR(p) seleccionado, y con los números $\xi_{v,\tau}$ y los parámetros periódicos $\phi_{j,\tau}$ se determinan o genera la serie sintética estandarizada $\hat{z}_{v,\tau}$

$$\hat{z}_{v,\tau} = \phi_{1,\tau} z_{v,\tau-1} + \sigma_{\varepsilon\tau} \xi_{v,\tau}$$

- e. Se determina la serie desestandarizada $\hat{y}_{v,\tau}$ con la expresión.... $\hat{y}_{v,\tau} = (\bar{x} + S) (\hat{z}_{v,\tau})$.

Donde:

\bar{x} es la media de la serie normalizada de los vols. de escurrimiento anual de las estaciones

S es la desviación estándar de la serie normalizada de los vols. de escurrimiento anual de las estaciones

$\hat{z}_{v,\tau}$ es la serie sintética estandarizada

- f. Finalmente se obtiene la serie sintética $\hat{x}_{v,\tau}$ al desnormalizar la serie $\hat{y}_{v,\tau}$ con la expresión... $\hat{x}_{v,\tau} = \exp(\hat{y}_{v,\tau})$. Se procede a generar 5 series para cada mes del año y esta se comparan con las series originales.

- g. Se comparan los estadísticos de las series generados contra los estadísticos de la serie histórica, esto, para comprobar que las series generadas son representativas del proceso modelado.

Finalmente se plantean las gráficas de las comparativas mencionadas, para corroborar visualmente que el método es correcto.

5.1 Selección del mejor modelo para generación sintética

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al aplicar el paso 1 del proceso descrito al inicio del capítulo 5, para poder determinar de entre el modelo PAR(1) y PAR(2) cual se ajustó o modela mejor a la serie histórica de escurrimientos mensuales $x_{t,\tau}$ de entrada al vaso de la presa Solís (tabla 5), para posteriormente con éste modelo realizar la generación de 5 muestras sintéticas de escurrimientos mensuales en el subcapítulo 5.2.

- En cuanto al inciso a del paso 1, éste se efectuó en el subcapítulo 2.2, de donde se concluyó que las series en estudio son homogéneas, por lo que se puede seguir con el proceso.
- Para la realización del inciso b del paso 1, se apoyó en la siguiente teoría, la cual se aplicó a la serie $x_{t,\tau}$ y que se desarrolla de la página 43 a 66, de estos resultados se concluye que la serie histórica es independiente.

Prueba de independencia de Eventos

Para determinar si una serie hidrológica (serie formada por variables como la precipitación, la evaporación o gastos máximos), es independiente, es decir, que el comportamiento de la variable está regida por el azar, se aplica la prueba de independencia de Anderson, la cual consiste en determinar el correlograma, este correlograma es una gráfica de puntos formados por parejas de valores (k, r_k^j) donde k es el tiempo de retraso que va desde $k=1,2,3,\dots, \frac{n_j}{3}$ y r_k es el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k .

La expresión para el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k es:

$$r_{k,\tau} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n (x_{v,\tau} - \bar{x}_\tau)(x_{v,\tau-k} - \bar{x}_{\tau-k})}{S_\tau^2}; \text{ para } r_0^j = 1 \text{ y } k=1,2,\dots,\frac{n_j}{3}$$

Siendo:

$$\bar{x}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{x_i^j}{n_j}$$

Donde:

x_i^j : Es un valor de la serie hidrológica

\bar{x}^j : Es la media de la serie hidrológica

n_j : Es el número de valores de la serie hidrológica

Para $k=0$, $r_0 = 1$

Además, los límites al 95% de confianza para r_k^j se pueden obtener como

$$r_k^j(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{(n_j-k-1)}}{n_j-k}$$

La grafica de los valores estimados para r_k^j (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abscisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra.

Si solo el 10 % de los valores r_k^j sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie Q_i^j es independiente y por lo tanto es una variable que síguelas leyes de la probabilidad.

En $k = 0$; $r_0 = 1$; $k_j \approx 9$

Los limites al 95% de confianza para r_k^j se pueden obtener con la expresión siguiente y se presentan en la tabla 9.

$$r_k^j(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{(n_j-k-1)}}{n_j-k}$$

La grafica de los valores estimados para r_k^j (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abscisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra.

Si solo el 10 % de los valores r_k^j sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie Q_i^j es independiente y por lo tanto es una variable que síguelas leyes de la probabilidad.

Tabla 9. Límites de confianza para los correlogramas de la serie x

1	2	3	4	5	6	7	8	9
R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
0.3500	0.3562	0.3628	0.3698	0.3772	0.3850	0.3934	0.4024	0.4119
-0.4333	-0.4432	-0.4537	-0.4650	-0.4772	-0.4903	-0.5045	-0.5200	-0.5369

Prueba de Independencia para cada Mes de la serie x_t, τ

Mes: Enero

Tabla 10. Cálculo del correlograma para el mes de enero.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		Rk=25/3=8.3333	$(X_t - X_m)^2$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$
ejempl. Mes:	ENERO	N		k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9
Año	esc (Mm3)											
1979	14693	1	30733186.24	86946831.52	92318727.21	92745596.11	40928146.17	52714162.92	36082906.92	-1359594.09	-6781383.546	96461573.08
1980	4553	2	245980076.8	261177632.5	262385281.4	115789251.4	149132908.2	102081652.2	-3846408.81	-19185118.27	272898100.4	14911358.58
1981	3584	3	277314149.2	278596411.1	122943138.1	158346888.9	108388632.9	-4084054.122	-20370445.58	289758750.7	15832637.27	213414209.2
1982	3507	4	279884602	123511610	159079062.8	108889806.8	-4102938.218	-20464635.67	291098554.7	15905845.17	214401006.7	4814019.598
1983	12854	5	54505027.09	70200757.85	48052501.85	-1810605.162	-9030936.618	128460268.7	7019166.23	94614042.16	2124401.654	-1413437084
1984	10728	6	90416364.6	61890108.6	-2332002.41	-11631561.87	165452779.3	9040464.982	121859905.7	2736162.406	-1820462437	-51634881.53
1985	13728	7	42363852.6	-1596258.41	-7961817.866	113252623.3	6188208.982	83413249.71	1872906.406	-1246108693	-35344137.53	6422524.054
1986	20482	8	60146.5815	299999.1255	-4267327.953	-233170.0265	-3142988.497	-70570.6025	46953035.67	1331757.462	-241998.9545	-1014284.906
1987	21460	9	1496335.67	-21284578.81	-1163005.482	-15676598.35	-351992.0585	234192356.2	6642540.006	-1207042.41	-5059050.362	-9094545.514
1988	2836.7	10	302761809.6	16543134.24	222991271.2	5006899.763	-3331261671	-94486597.57	17169536.11	71962299.86	129365071.4	113235223.2
1989	19286	11	903929.3655	12184411.7	273580.7895	-182022656.9	-5162819.146	938156.4375	3932074.486	7068605.334	6187258.23	16622522.03
1990	7421.2	12	164238373.1	3687700.719	-2453553424	-69591625.62	12645771.57	53001944.82	95280450.86	83400434.16	224061369.8	55526608.56
1991	19949	13	82801.2135	-55090479.51	-1562564.722	283939.8615	1190070.91	2139364.758	1872618.654	5030927.055	1246758.054	4937350.105
1992	211688	14	36653580361	1039627757	-188914901.9	-791794881.8	-1423392549	-1245917242	-3347247850	-829510777.7	-3284987904	-3377286551
1993	25667	15	29487593.34	-5358308.074	-22458159.03	-40372547.18	-35338707.28	-94940023.28	-23527917.88	-93174106.63	-95792029.19	-26791496.93
1994	19250	16	973679.5095	4080961.558	7336256.406	6421537.302	17251929.9	4275351.702	16931038.15	17406751.29	4868389.654	8162167.83
1995	16101	17	17104444.61	30748290.45	26914448.35	72307635.15	17919187.75	70962688.6	72956534.64	20404774.7	34209914.88	
1996	12802	18	55275537.3	48383522.2	129985873.2	32212936.6	127568091.8	131152385.8	36681222.55	61498424.73		
1997	13729	19	42350836.09	113778620.5	28196475.49	111662299.5	114799686.8	32107634.45	53830510.62			
1998	2753.2	20	305674590.5	75751894.9	299988939.4	308417759.8	86259509.65	144619606.2				
1999	15904	21	18772739.89	74342883.94	76431703.68	21376723.85	35839450.02					
2000	3078.4	22	294409043.4	302681084.9	84655053.5	141929632.5						
2001	2596.3	23	311185546.8	87033615.34	145917444.1							
2002	15303	24	24341908.8	40810772.97								
2003	11965	25	68421881.15									
Media	20236.7520	Suma	39312318816	2648948376	-974743446	175509883.9	-3928220228	-410863835.8	-2584809620	-1519426557	-4343474033	-4344751287
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.067382145	-0.02479486	0.004464501	-0.099923392	-0.010451275	-0.065750627	-0.038650138	-0.110486335	-0.110518825

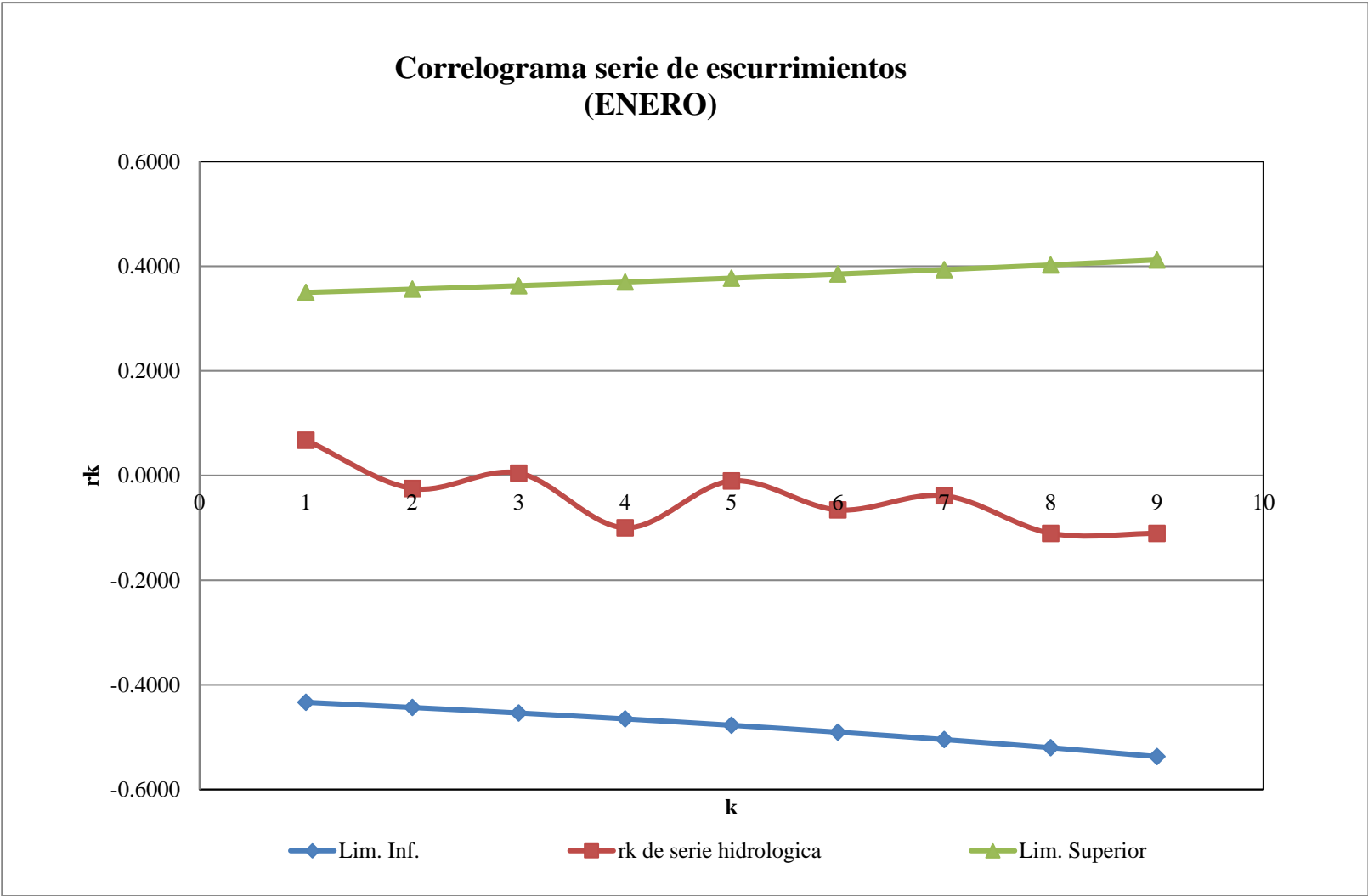


Figura 6. Correlograma para el mes de enero.

Mes: Febrero

Tabla 11. Cálculo del correlograma para el mes de febrero.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.	Rk=25/3=8.3333	$(X_t - X_m)^2$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)/(X_t + k - X_m)$
ejempl. Mes:	FEBRERO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	9007.38	1	10973210.11	30054950.42	35106640.41	32323076.42	26483322.79	3959145.592	2429526.989	-12998234.86	-16489366.72	33039422.62
1980	3247	2	82318668.49	96154937.98	88530926.66	72536199.13	10843857.3	6654325.626	-35601369.21	-45163365.55	90492955.04	7490580.681
1981	1722	3	112316832.5	103411363.7	84728213.62	12666512.29	7772796.616	-41585311.22	-52754505.06	105703173.3	8749610.921	-137585268.8
1982	2562.3	4	95211998.93	78010213.77	11662199.51	7156500.765	-38288061.07	-48571662.74	97322093.68	8055864.619	-126676295.6	-64940241.01
1983	4325.2	5	63916245.02	9555210.341	5863548.301	-31370624.11	-39796305.47	79739081.4	6600425.662	-103789911	-53207601.35	-430222344.7
1984	11124.78	6	1428463.838	876575.8586	-4689776.625	-5949380.621	11920657.96	986735.931	-15516156.04	-7954313.062	-64316434.67	-12703112.16
1985	11586.54	7	537910.177	-2877878.224	-3650833.356	7315103.619	605509.8302	-9521478.557	-4881158.779	-39467736.21	-7795256.1	1531427.788
1986	16243.86	8	15396962.96	19532357.37	-39136603.67	-3239543.755	50940950.67	26114732.82	211156701.3	41705471.91	-8193306.004	-14194160.01
1987	17297.76	9	24778457	-49648111.21	-4109636.85	64622929.62	33128760.24	267870239.3	52906939.12	-10393905.69	-18006499.51	8691015.482
1988	2346.05	10	99478952.5	8234399.235	-129483704.2	-66379451.02	-536726376.1	-106008602.4	20826066.2	36079272.01	-17414018.28	24195154.47
1989	11494.37	11	681604.7924	-10718051.29	-5494578.37	-44427681.94	-8774892.909	1723883.689	2986472.237	-1441450.43	2002760.951	8168731.52
1990	25302.2	12	168538461.9	86400761	698613300.3	137982821.2	-27107605.45	-46961469.4	22666418.73	-31492875.08	-128451097.1	17202844.54
1991	18975.27	13	44293103.28	358142112.5	70736499.09	-13896636.49	-24074663.12	11619874.8	-16144732.44	-65850087.94	8818989.105	-63522128.32
1992	66132.98	14	2895840734	571956294.3	-112364462.6	-194661246.7	93955180.39	-130541961.4	-532446088.8	71307972.43	-513622833.8	-539388506.1
1993	22948.55	15	112966848.9	-22193058.1	-38447461.56	18557048.45	-25783288.3	-105163204.7	14084007.86	-101445431.4	-106534398.6	-36679502.5
1994	10231.91	16	4359967.836	7553249.087	-3645650.546	5065291.462	20659982.42	-2766893.189	19929602.15	20929362.21	7205922.252	3222333.594
1995	8702.6	17	13085319.41	-6315759.129	8775158.338	35791546.91	-4793391.657	34526229.29	36258222.98	12483607.15	5582400.877	
1996	14065.92	18	3048363.751	-4235417.159	-17275144.91	2313578	-16664426.82	-17500390.75	-6025336.741	-2694401.121		
1997	9894.12	19	5884717.172	24002202.87	-3214500.88	23153667.04	24315160.96	8371643.514	3743619.093			
1998	2425.59	20	97898628.94	-13111097.78	94437675.99	99175102.07	34145716.8	15269230.85				
1999	13645.07	21	1755906.971	-12647588.81	-13282049.76	-4572973.459	-2044935.469					
2000	2775.38	22	91099076.1	95669022.73	32938583.26	14729426.66						
2001	2296.58	23	100468218.8	34590933.36	15468322.12							
2002	8868.94	24	11909563.89	5325701.064								
2003	10776.74	25	2381539.08									
Media	12319.9636	Suma	4060569756	1407723324	772066664.3	168891265.6	-409282050.4	-51785851.58	-172459251	-126426988.8	-937854468.6	-1195693753
N	25		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
			Rk	0.346681232	0.19013752	0.041592997	-0.100794242	-0.012753346	-0.042471688	-0.031135283	-0.230966225	-0.294464527

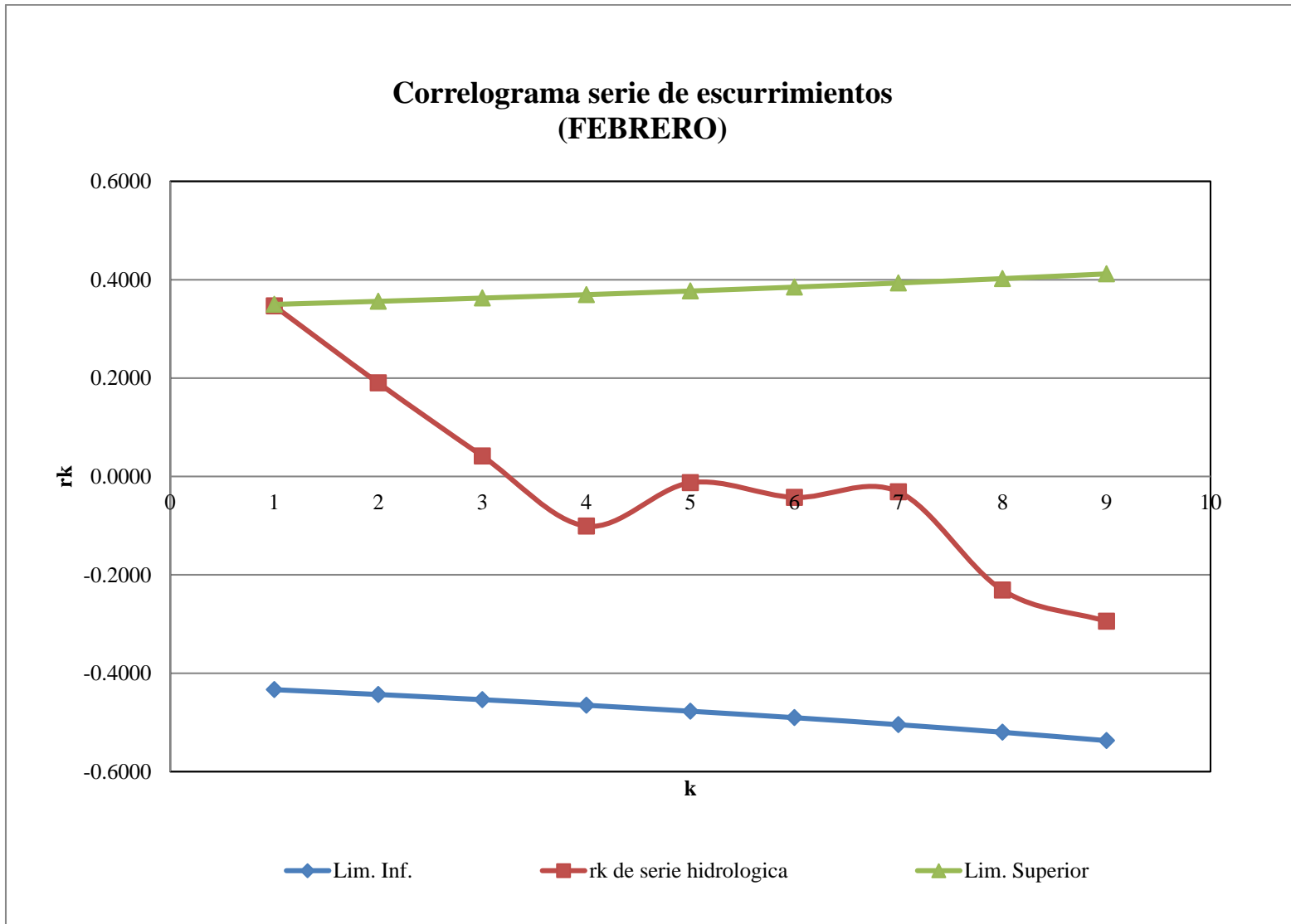


Figura 7. Correlograma para el mes de febrero.

Mes: Marzo

Tabla 12. Cálculo del correlograma para el mes de marzo.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		Rk=25/3=8.3333	$(X_i - X_m)^2$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$	$(X_i - X_m)(X_i + k - X_m)$
ejempl. Mes:	MARZO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	14863.38	1	725591.8608	-10404570.14	-10485347.93	-7816256.646	-5099795.835	-111105.191	2804561.497	4478815.936	4197034.938	-10069167.27
1980	1797	2	149195554.2	150353861.2	112080626.7	73128140.38	1593184.565	-40215799.52	-64223645.64	-60183068.13	144386069.9	-29855284.87
1981	1702.17	3	151521161	112950785.2	73695884.1	1605553.545	-40528022.25	-64722257.68	-60650310.41	145507037.6	-30087071.85	-77704728.5
1982	4835.58	4	84198667.69	54936273.74	1196852.852	-30211436.52	-48246923.26	-45211508.02	108467583.3	-22428275.81	-57924649.22	-48502107.36
1983	8024.6	5	35843728.36	780898.7685	-19711757.83	-31479193.87	-29498706.44	70770773.62	-14633555.77	-37793524.22	-31645691.32	-66575191.23
1984	13881.13	6	17012.81966	-429444.372	-685812.1309	-642664.8283	1541826.492	-318809.6274	-823377.4183	-689439.4782	-1450420.68	-1964190.533
1985	17304.01	7	10840205.93	17311543.04	16222401.64	-38919398.59	8047519.631	20784020.83	17403105.99	36612096.65	49580879.98	11102383.47
1986	19269.52	8	27646109.71	25906777.6	-62153325.15	12851691.5	33191571.59	27792333.49	58468620.53	79179449.47	17730234.14	29674576.86
1987	18938.72	9	24276874.13	-58243000.14	12043137.97	31103351.34	26043801.83	54790115.66	74197939.94	16614751.14	27807625.42	16226885.35
1988	2190.75	10	139731624.7	-28892866.63	-74620500.41	-62482061.96	-131447759.6	-178009351.7	-39860689.95	-66713676.67	-38930155.53	33159546.6
1989	16455.8	11	5974293.534	15429579.17	12919665.73	27179978.72	36807705.26	8242154.207	13794653.62	8049743.886	-6856532.008	-28491987.35
1990	20324.2	12	39849383.37	33367126.02	70196690.39	95061851.12	21286696.1	35626923.74	20789765.33	-17708102.7	-73585164.85	13893335.88
1991	19297.33	13	27939330.66	58777868.47	79598239.61	17824011.6	29831529.46	17407916.03	-14827544.23	-61615143.35	11633321.52	8439449.789
1992	25131.59	14	123654996	167456225.6	37497584.39	62758615.67	36622215.88	-31193712.36	-129623964	24473809	17754644.01	-71092257.32
1993	29070.54	15	226772782.3	50780026.3	84989052.13	49594583.65	-42243188.73	-175539529	33142952.67	24043716.53	-96274646.9	15211777.23
1994	17383.64	16	11370901.95	19031147.65	11105452.06	-9459293.188	-39307635.63	7421525.597	5383981.911	-21558271.03	3406292.589	2783470.004
1995	19655.31	17	31851877.94	18586871.9	-15831743.71	-65788045.76	12421191.4	9011013.831	-36081450.79	5701012.77	4658612.736	
1996	17304.92	18	10846199.01	-9238469.167	-38390012.08	7248272.575	5258294.662	-21055000.43	3326773.833	2718490.832		
1997	11206.38	19	7869052.786	32699468.5	-6173862.625	-4478858.728	17934022.06	-2833646.833	-2315529.496			
1998	2354.76	20	135881060.8	-25655187.73	-18611680.96	74523961.82	-11775082.45	-9622070.9				
1999	16212.44	21	4843858.689	3514000.891	-14070586.57	2223208.657	1816706.712					
2000	15608.2	22	2549249.071	-10207575.6	1612837.554	1317938.737						
2001	7618.39	23	40872663.57	-6458043.45	-5277224.36							
2002	15021.71	24	1020396.558	833822.4436								
2003	14837.01	25	681362.4196									
Media	14011.5632	Suma	1295973939	613187119.3	247146571.4	205143949.2	-115750848.5	-316986014.2	-25260129.03	58689422.45	-55599617.12	-203763489.3
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.473147724	0.19070335	0.158293267	-0.089315722	-0.244592892	-0.019491232	0.045285959	-0.042901802	-0.157228076

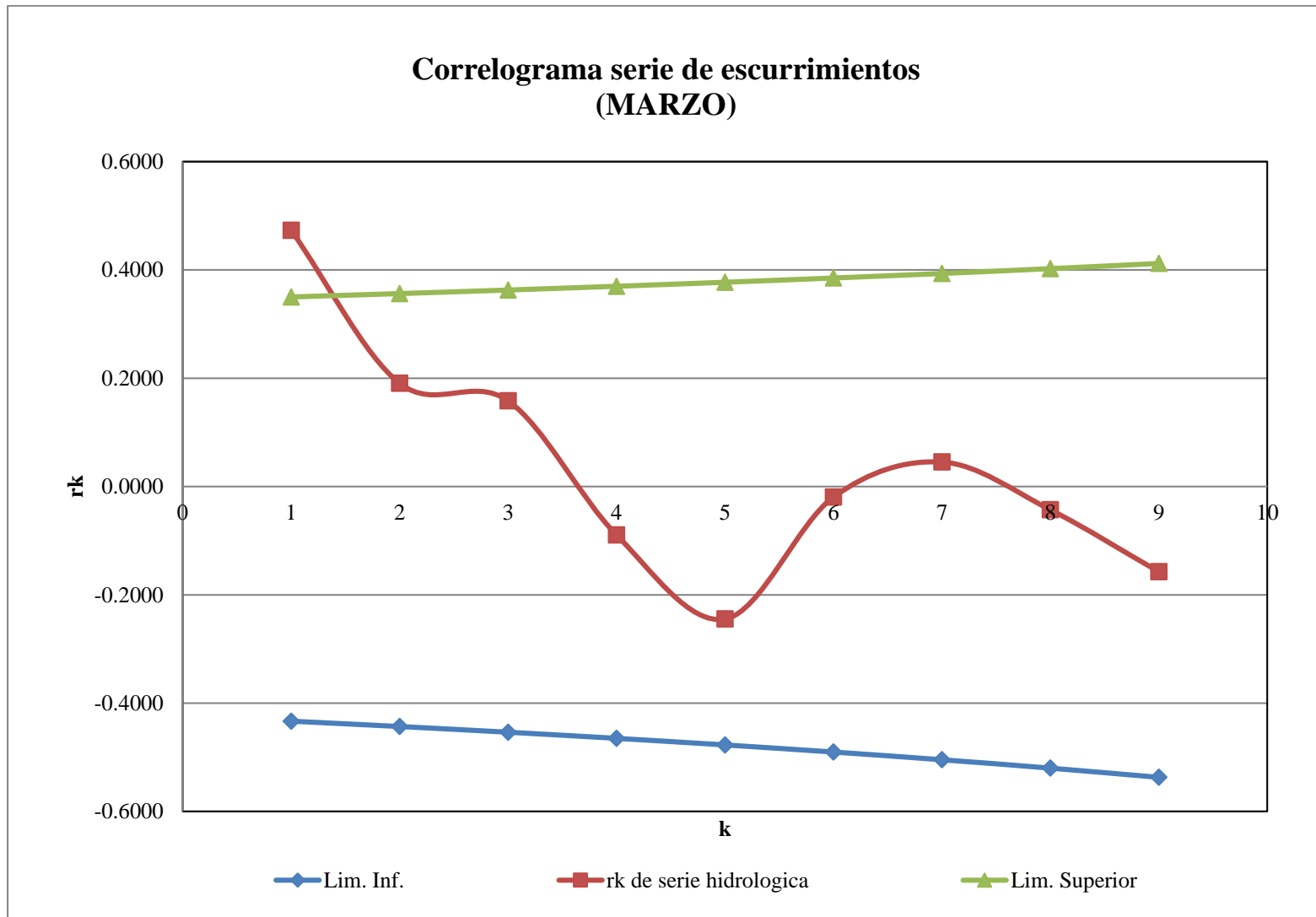


Figura 8. Correlograma para el mes de marzo.

Mes: Abril

Tabla 13. Cálculo del correlograma para el mes de abril.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$
ejempl. Mes:	ABRIL	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	15975.4	1	1470272.652	-13273729	-6844799.509	-2073277.623	-11809068.02	-1292251.205	691016.5546	8008052.582	3960991.75	-2672797.731
1980	3815.88	2	119836196	61795350.42	18717701.97	106613129.6	11666538.36	-6238547.979	-72297284.23	-35760123.13	24130213.33	-31714341.22
1981	9117.88	3	31865708.88	9652066.664	54976675.85	6016027.3	-3217001.803	-37281190.19	-18440249.39	12443110.17	-16353980.64	77769379.29
1982	13053	4	2923593.862	16652337.54	1822243.992	-974424.1366	-11292406.34	-5585518.813	3768995.986	-4953591.711	23556206.96	988793.7328
1983	5023.8	5	94849133.86	10379219.37	-5550168.866	-64319796.43	-31814249.52	21467617.02	-28214890.68	134172504.1	5632015.859	-76573666.43
1984	13697.12	6	1135784.696	-607347.878	-7038433.031	-3481392.621	2349173.864	-3087519.388	14682325.46	616304.2897	-8379358.348	-15414894.72
1985	15332.74	7	324772.3325	3763721.576	1861634.893	-1256193.86	1651015.686	-7851205.644	-329561.6713	4480766.056	8242938.677	2047936.979
1986	21367.17	8	43617016.25	21574114.27	-14557779.29	19133290.43	-90986051.22	-3819224.265	51926701.24	95525766.95	23733131.87	14488539.62
1987	18029.52	9	10671119.82	-7200657.472	9463824.663	-45004074.9	-1889087.971	25684301.28	47249536.75	11739026.26	7166409.725	5373008.993
1988	12558.57	10	4858859.136	-6385998.931	30367846.45	1274718.646	-17331250.99	-31883039.04	-7921259.301	-4835749.443	-3625598.625	2771800.852
1989	17659.94	11	8393118.88	-39912462.9	-1675362.814	22778464.49	41903880.63	10410911.7	6355625.86	4765124.548	-3642978.071	-18760070.17
1990	986.1	12	189798895.7	7966985.468	-108320236.1	-199268842.1	-49507832.9	-30223410.98	-22659974.14	17323742.12	89211247.36	-44835171.92
1991	14184.56	13	334421.6373	-4546842.825	-8364495.292	-2078137.409	-1268655.833	-951173.525	727180.2149	3744725.22	-1881998.111	-1135509.883
1992	22625.39	14	61819503.8	113724834.7	28254643.58	17248820.14	12932286.78	-9886842.759	-50913801.92	25587906.57	15438549.39	19260686.36
1993	29226.99	15	209211288.1	51978008.11	31731397.02	23790585.25	-18188103.9	-93662409.91	47072206.42	28401173.88	35432480.65	17545404.39
1994	18356.43	16	12913802.84	7883584.229	5910709.907	-4518787.779	-23270185.59	11694968.99	7056198.831	8803108.968	4359110.734	750439.7066
1995	16956.65	17	4812749.665	3608354.563	-2758617.621	-14205921.4	7139513.762	4307649.613	5374098.697	2661138.4	458126.4487	
1996	16407.65	18	2705360.461	-2068270.983	-10650876.29	5352843.77	3229656.271	4029225.475	1995186.028	343479.8767		
1997	13505.39	19	1581210.681	8142685.121	-4092294.392	-2469099.57	-3080376.997	-1525336.615	-262593.2745			
1998	8287.36	20	41931996.64	-21073892.97	-12715004.12	-15862870.29	-7854953.11	-1352264.043				
1999	18017.26	21	10591171.43	6390218.864	7972251.681	3947688.027	679611.5138					
2000	16726.41	22	3855560.019	4810084.834	2381850.834	410045.89						
2001	17212.53	23	6000922.304	2971528.005	511561.3574							
2002	15975.88	24	1471436.929	253314.2112								
2003	14971.68	25	43609.13358									
Media	14762.8520	Suma	867017505.6	236477204.9	11404274.85	-148947204.6	-189957547.3	-157045260.3	-14140542.55	313066465.7	207437509	-50110462.15
N	25		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
			Rk	0.272747901	0.013153454	-0.171792615	-0.219093093	-0.181132744	-0.016309408	0.361084365	0.239254118	-0.057796367

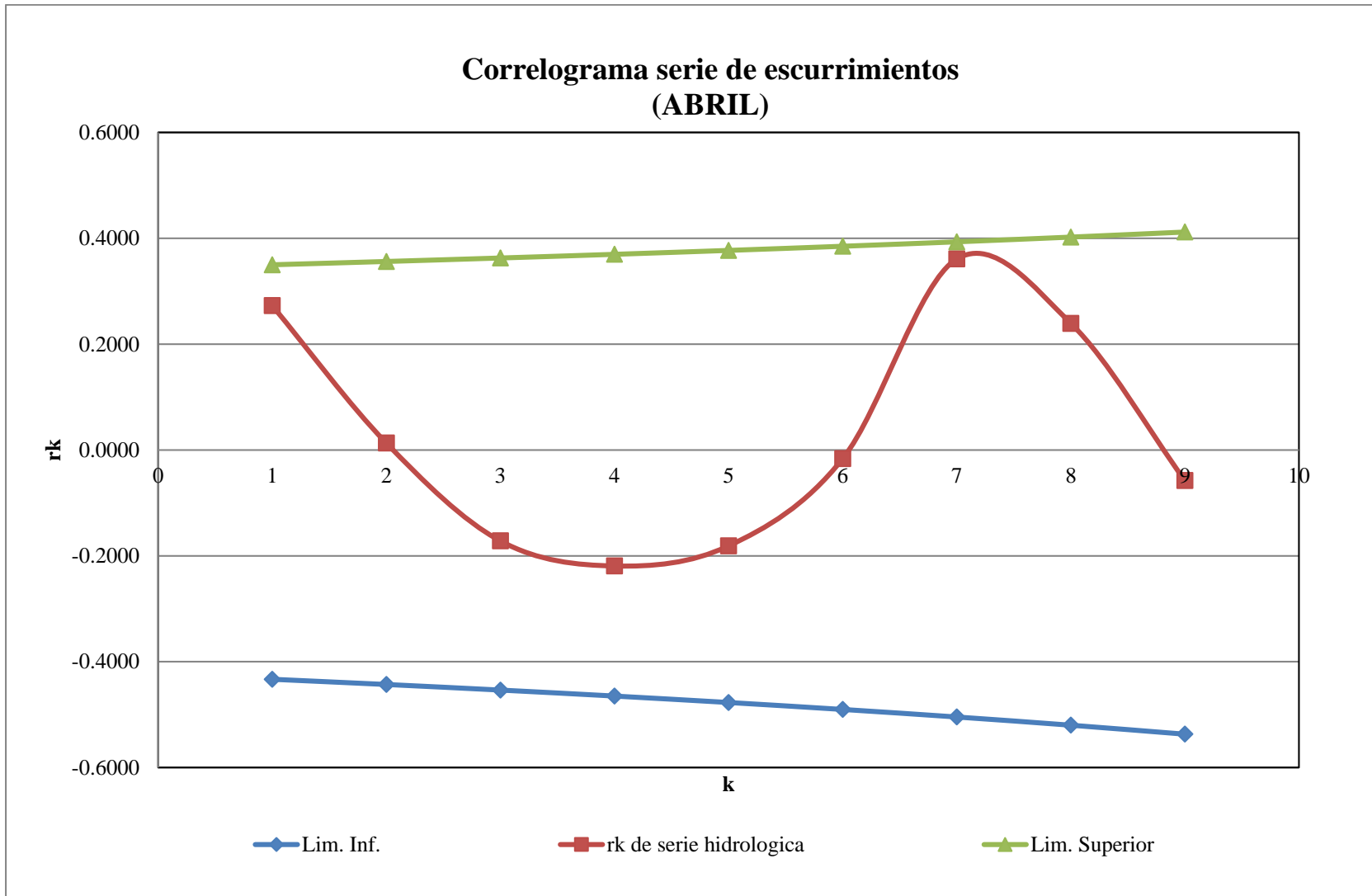


Figura 9. Correlograma para el mes de abril.

Mes: Mayo

Tabla 13. Cálculo del correlograma para el mes de mayo.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		Rk=25/3=8.3333	$(Xt-Xm)^2$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$	$(Xt-Xm)/(Xt+k-Xm)$
ejempl. Mes:	MAYO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	13174.53	1	1999625.64	-1903167.768	1616268.227	3615043.721	1635047.225	4724786.366	8750986.64	-2209019.39	2057687.814	-4108088.02
1980	15934.48	2	1811362.827	-1538302.736	-3440661.367	-1556175.874	-4496872.284	-8328856.849	2102460.79	-1958429.141	3909922.212	-9176081.259
1981	13445.63	3	1306406.024	2921987.09	1321584.814	3818975.876	7073294.809	-1785518.14	1663199.035	-3320507.602	7792801.474	2094880.175
1982	12032.15	4	6535493.867	2955936.895	8541753.488	15820560.95	-3993598.36	3720012.018	-7426849.058	17429853.27	4685536.284	6373388.662
1983	13432.35	5	1336939.963	3863347.559	7155477.573	-1806263.609	1682523.31	-3359087.712	7883343.999	2119220.04	2882618.372	-8763417.873
1984	11247.37	6	11163892.76	20677141.53	-5219549.344	4861977.729	-9706736.038	22780452.86	6123897.706	8329885.383	-25323597.17	-50056767.62
1985	8400.15	7	38297052.02	-9667359.122	9005084.857	-17978276.86	42192688.35	11342342.88	15428150.62	-46902958.85	-92712362.16	-25305971.88
1986	16150.77	8	2440340.116	-2273161.631	4538272.52	-10650738.09	-2863157.766	-3894541.871	11839755.89	23403464.57	6388009.134	1074544.678
1987	13133.47	9	2117435.912	-4227372.608	9921096.242	2667013.64	3627741.515	-11028658.92	-21800181.59	-5950390.752	-1000931.68	6592897.289
1988	17493.74	10	8439773.345	-19807055.44	-5324581.653	-7242634.841	22018258.2	43523154.58	11879707.31	1998318.41	-13162444.85	-16459882.24
1989	7770.65	11	46484594.92	12496103.83	16997526.35	-51674001.55	-102143209.4	-27880135.12	-4689794.609	30890554.07	38629212.75	-15332700.22
1990	12755.79	12	3359233.551	4569317.092	-13891132.96	-27458390.28	-7494806.908	-1260722.191	8304075.179	10384400.55	-4121774.413	-4946159.06
1991	12095.56	13	6215304.286	-18895081.36	-37349618.63	-10194631.84	-1714867.207	11295419.65	14125132.48	-5606545.06	-6727894.56	-4955534.601
1992	22167.71	14	57442738.62	113546183.8	30992593.3	5213349.806	-34339086.77	-42941667.08	17044398.82	20453401.67	15065268.75	381750.1116
1993	29570.1	15	224445006.7	61262585.65	10305148.91	-67877548.17	-84882137.22	33691402.74	40429926.59	29779286.57	754599.6131	-43364536.57
1994	18677.83	16	16721710.39	2812805.137	-18527273.88	-23168700.78	9196116.576	11035406.3	8128298.87	205969.0439	-11836412.29	5533157.943
1995	15276.47	17	473149.7287	-3116523.962	-3897271.214	1546904.194	1856296.204	1367283.626	34646.62233	-1991035.636	930747.7954	
1996	10057.85	18	20527797.05	25670392.24	-10189087.5	-12226978.58	-9005969.831	-228209.0047	13114474.96	-6130612.85		
1997	8922.81	19	32101303.24	-12741643.55	-15290064.27	-11262132.88	-285379.6075	16399895	-7666445.463			
1998	16837.48	20	5057410.88	6068929.577	4470163.77	113272.8228	-6509443.395	3042964.163				
1999	17287.27	21	7282759.319	5364228.805	135928.2054	-7811379.081	3651578.97					
2000	16576.35	22	3951105.537	100120.0181	-5753591.851	2689626.862						
2001	14638.98	23	2537.016013	-145794.5668	68154.46653							
2002	11694.07	24	8378368.758	-3916629.17								
2003	15941.72	25	1830903.425									
Media	14588.6112	Suma	509722245.9	184076987.3	-13813779.94	-210561126.8	-174501719.6	62215723.3	125269184.8	70924854.29	-71789012.92	-160418520.5
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.361131947	-0.027100602	-0.41308993	-0.342346682	0.122058089	0.245759697	0.139144122	-0.140839474	-0.314717519

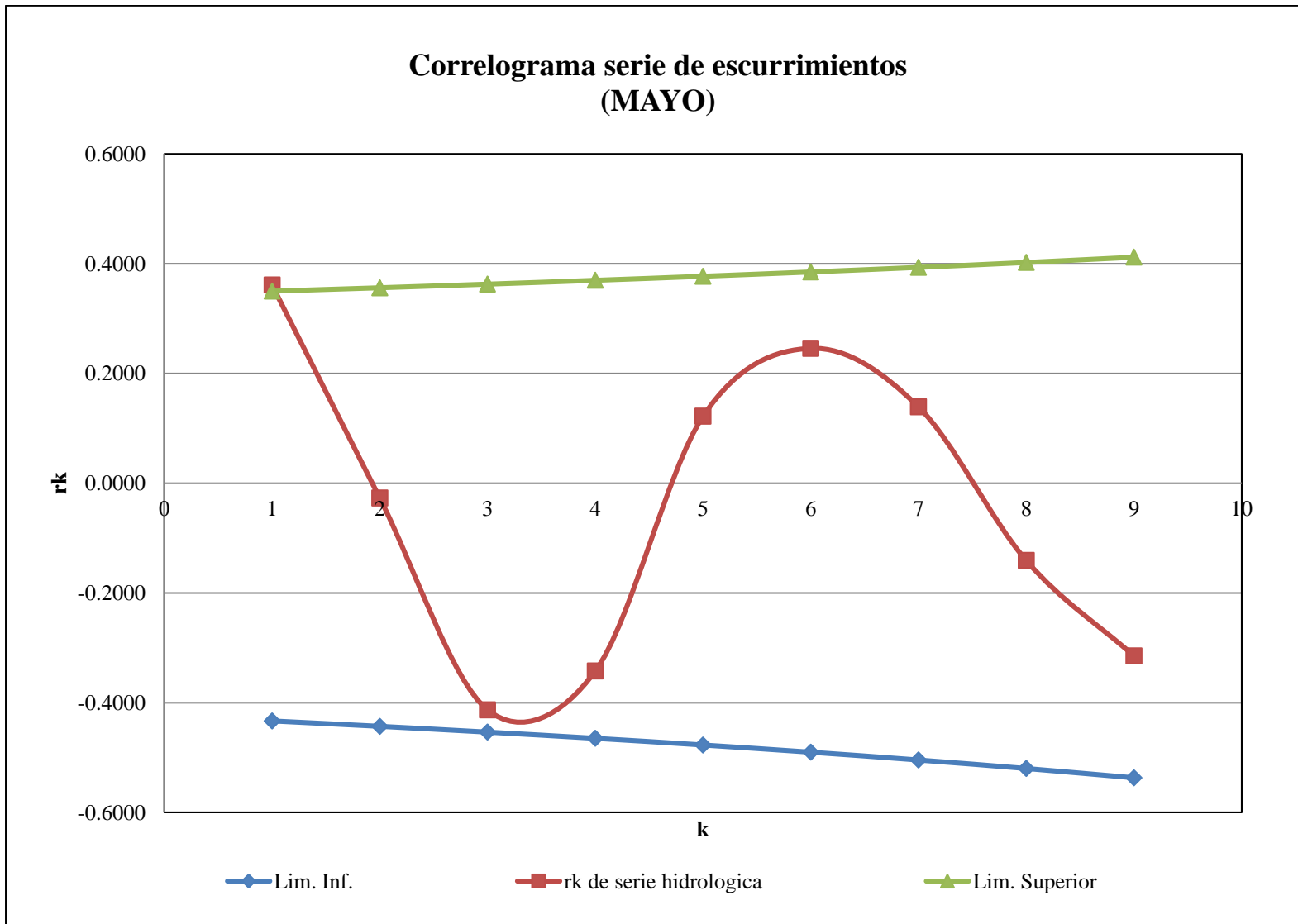


Figura 10. Correlograma para el mes de mayo.

Mes: Junio

Tabla 14. Cálculo del correlograma para el mes de junio.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.	Rk=25/3=8.3333	$(X_t - X_m)^2$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$
ejempl. Mes:	JUNIO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	12485.53	1	7886164.719	11864109.03	-33572853.6	7446957.297	17365715.56	27990154.33	20091750.22	-98473051.64	1466547.282	-22602328.36
1980	11069	2	17848610.58	-50507694.13	11203356.31	26125341.03	42108966.08	30226443.86	-148144892	2206304.01	-34003409.45	60795340.13
1981	27248.92	3	142925812.4	-31703066.83	-73929044.95	-119159234.8	-85534275.87	419217891.6	-6243361.499	96222268.77	-172037617.7	-394419.8039
1982	12641.93	4	7032210.835	16398559.6	26431287.13	18972772.09	-92988751.39	1384870.259	-21343527.57	38160497.41	87488.16741	22525218.74
1983	9109.9	5	38240144.29	61635671.56	44243004.26	-216842415.2	3229407.938	-49771418.58	88987262.44	204015.4884	52527028.94	-872842.1707
1984	5326.58	6	99344709.05	71311113.75	-349507778.6	5205177.194	-80221841.88	143430151.3	328833.2685	84663349.57	-1406851.735	-177921352
1985	8139.17	7	51188180.96	-250881896	3736353.819	-57584434.5	102956301.7	236041.4242	60772614.96	-1009859.157	-127714599.9	-83428894.2
1986	50359.62	8	1229614425	-18312499.34	282231011.8	-504606174.3	-1156878.774	-297856821.2	4949489.808	625950763.8	408899061.5	-249971586.3
1987	14771.53	9	272725.844	-4203232.42	7515038.895	17229.25605	4435945.715	-73712.15477	-9322209.231	-6089684.407	3722796.686	-2778136.967
1988	23342.36	10	64779936.2	-115821275.5	-265536.139	-68366497.89	1136046.786	143673263.6	93853807.72	-57375492.89	-35110494.16	14761197.07
1989	903.52	11	207079053.3	474757.0948	122233757.1	-2031159.577	-256876150.5	-167803001.3	102582731	62774717.86	-26391823.97	70852967.79
1990	15260.77	12	1088.445671	280237.6314	-4656.711553	-588923.7612	-384711.3657	235184.9623	143919.6394	-60506.87153	162440.1339	65339.91659
1991	6799.55	13	72151630.71	-1198944.377	-151627779.3	-99050053.51	60552105.23	37054397.8	-15578455.43	41822793.36	16822799.66	-45034427.59
1992	15434.91	14	19922.87082	2519600.341	1645915.74	-1006194.945	-615733.3026	258867.3512	-694969.7799	-279544.632	748337.5383	-951992.5474
1993	33144.48	15	318648147.4	208155235.1	-127251195.3	-77870395.94	32738367.49	-87891253.73	-35353376.35	94640553.24	-120396340.9	-102701102.3
1994	26954.65	16	135976318.3	-83126177.53	-50868428.73	21386167.28	-57414501.65	-23094408.13	61823446.24	-78648279.78	-67088957.72	-52881447.9
1995	8165.13	17	50817388.49	31097312.32	-13073970.23	35099112.24	14118266.29	-37794425.04	48079922.67	41013381.45	32327927.99	
1996	10931.45	18	19029762.5	-8000516.118	21478633.36	8639565.103	-23128009.41	29422141.04	25097825.18	19782828.35		
1997	17127.77	19	3363586.811	-9030073.413	-3632256.571	9723506.121	-12369692.67	-10551658.48	-8317120.988			
1998	10370.08	20	24242640.5	9751359.287	-26104268.76	33208369.27	28327572.94	22328608.51				
1999	13313.26	21	3922386.588	-10500180.6	13357733.87	11394482.44	8981459.095					
2000	20595.54	22	28108854.2	-35758489.12	-30502889.2	-24043255.42						
2001	8549.14	23	45489920.53	38804044.58	30586465.07							
2002	9540.43	24	33100824.5	26091022.81								
2003	10758.82	25	20565695.32									
Media	15293.7616	Suma	2621650141	-140661022.2	-295678100.7	-993930060.6	-294740392	180621317.3	261713690.3	865505053.9	-67385667.74	-565482192.5
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	-0.053653621	-0.112783203	-0.379123837	-0.112425524	0.068896042	0.099827847	0.330137512	-0.025703532	-0.215697047

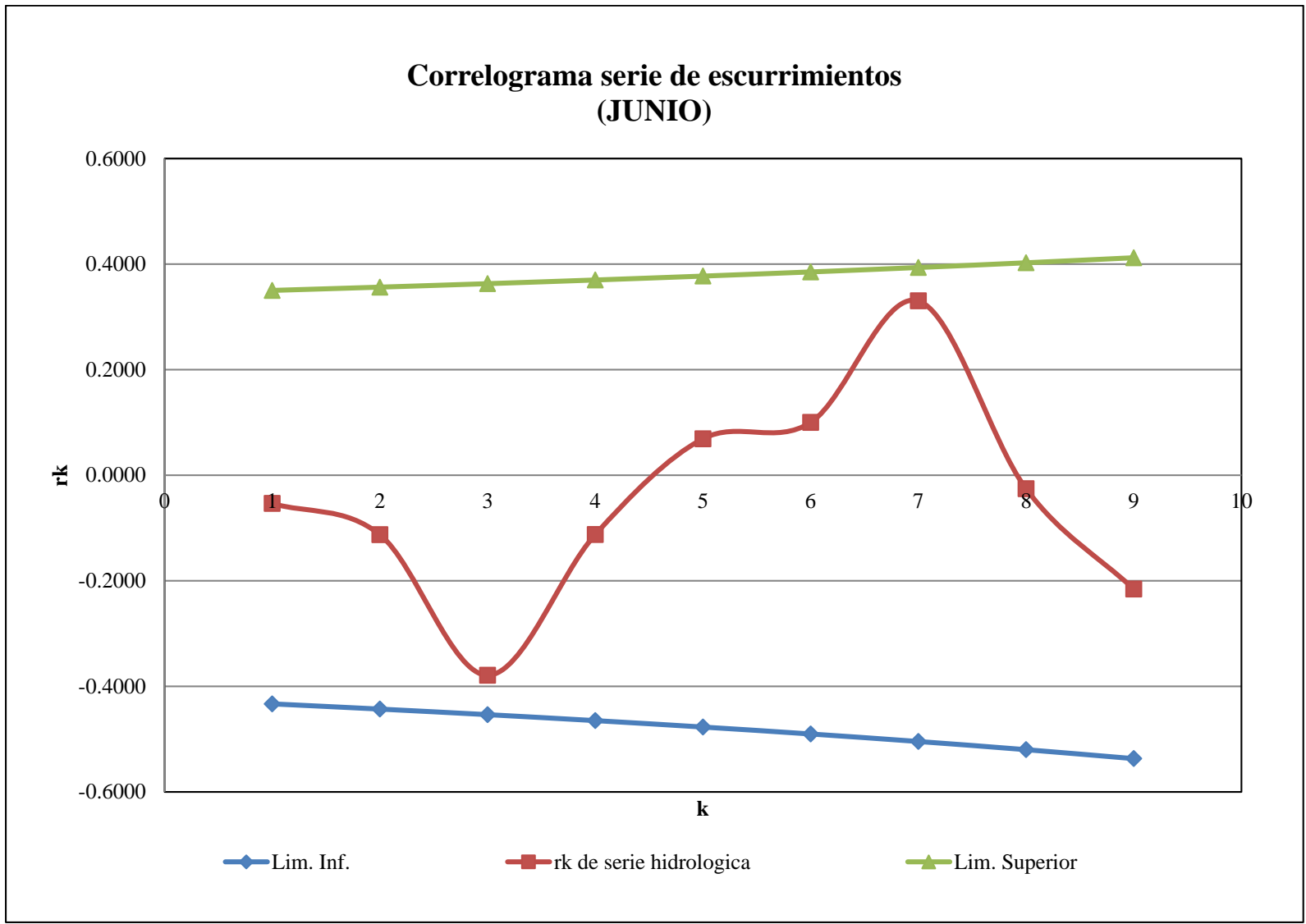


Figura 11. Correlograma para el mes de junio.

Mes: Julio

Tabla 15. Cálculo del correlograma para el mes de julio.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.	Rk=25/3=8.3333	$(X_t-X_m)^2$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$	$(X_t-X_m)/(X_t+k-X_m)$
ejempl. Mes:	JULIO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	22727.29	1	95610926.71	-167856417.7	112126012.8	-104441240.6	290896375.8	292119418.6	207587491.3	166052146.1	-205482778.3	-124444951.5
1980	49671.97	2	866432058.7	-196850626.7	183359089.9	-510703381.3	-512850579.2	-364444670.1	-291524403.6	360749594.6	218477997	53580825.77
1981	21038.3	3	642479.1963	-122481606.3	341143548	342577849.6	243444536.2	194734699.2	-240976271.4	-145940602.2	-35791329.51	-135774467.8
1982	43186.53	4	526692310.2	-317762617.9	-319098616.9	-226759596.1	-181388181.6	224460498.6	135938282	33338301.82	126468903.2	326297844.2
1983	2755.54	5	305592773	888773732.3	631585227.3	505213882.5	-625181635.1	-378623935.8	-92855955.38	-352249220.5	-908825477.4	603031336.7
1984	2630.46	6	309981518	634240660	507338000.3	-627810144.5	-380215819.7	-93246358.32	-353730214.7	-912646537	605566717.5	-1417140027
1985	11275.5	7	80304037.41	360527291.3	-446137862.1	-270191035.4	-66263234.71	-251369690.6	-648549849.8	430331117	-1007055760	446487051.1
1986	15523.3	8	22216629.76	-356871933.8	-216129599.1	-53004890.9	-201074141.4	-518784122.1	344227896.7	-805558028.1	357151255	-816194070.9
1987	53520	9	1107774597	267451590	65591397.05	248821073.3	641974254.6	-425968024.1	996845301.8	-441960154.5	1010006972	-286695271.5
1988	45232.3	10	624777419.8	39723612.33	150691589.2	388793920.6	-257975731.8	603711738.2	-267660922.5	611682739.2	-173629047.9	-166476642.8
1989	35626.6	11	236847421.5	36956489.42	95350102.1	-63267481.99	148057808.6	-65642734.98	150012663.6	-42581806.37	-40827708.57	-45066583.18
1990	44345.75	12	581243784.6	361710770.2	-240005297.7	561657542.1	-249015823.8	569073288	-161534153	-154879980.1	-170960157.9	-26974318.35
1991	63054.3	13	1833342417	-619228990.6	1449112316	-642476723.3	1468245414	-416768427.5	-399600236.6	-441088122	-69595463.45	-536219005
1992	12235.3	14	64023234.11	-961526892.5	426301426.3	-974222242.5	276537606.1	265146027.2	292674409.3	46178552.86	355796433.3	75912116.31
1993	79941.16	15	3564616335	-997625525.6	2279863301	-647150015.6	-620491578.2	-684913170.5	-108066500	-832630579.9	-177648631.4	479208453.7
1994	11474.3	16	76780565.05	-1010797498	286919665.8	275100412.6	303662293.5	47912235.67	369154109.5	78762087.19	-212461293.5	-261228778.8
1995	80567.47	17	3639795534	-655694546.2	-628684128.9	-693956300.2	-109493336.9	-843624070.3	-179994183.6	485535597.7	596983427.8	
1996	18862.72	18	1887963.937	178454973	196982788.6	31080203.21	239466695.3	51092203.08	-137821583.2	-169456578.6		
1997	19424.71	19	659412.2098	188868358.8	29799897.82	229602200.6	48987531.42	-132144216.4	-162476052.5			
1998	18066.63	20	4709429.495	32893826.79	253440299.1	54073587.2	-145863888.2	-179344881				
1999	30227.21	21	99809251.05	39988143.39	8531801.638	-23014595.94	-28297270.97					
2000	14952.58	22	27922473.73	65735810.32	-177322818.5	-218024763.8						
2001	28760.34	23	72651552.39	-37833292.2	-46517389.39							
2002	42607.63	24	500456182.5	125480990.6								
2003	44926.46	25	609581681.1									
Media	32505.3740	Suma	15254351988	-2223723699	4944240750	-2418101741	283161294	-2106624193	-548350172.1	-2086361473	268174058.1	-1831696489
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	-0.145776346	0.324120012	-0.158518811	0.018562656	-0.138099881	-0.03594713	-0.136771557	0.017580167	-0.120076978

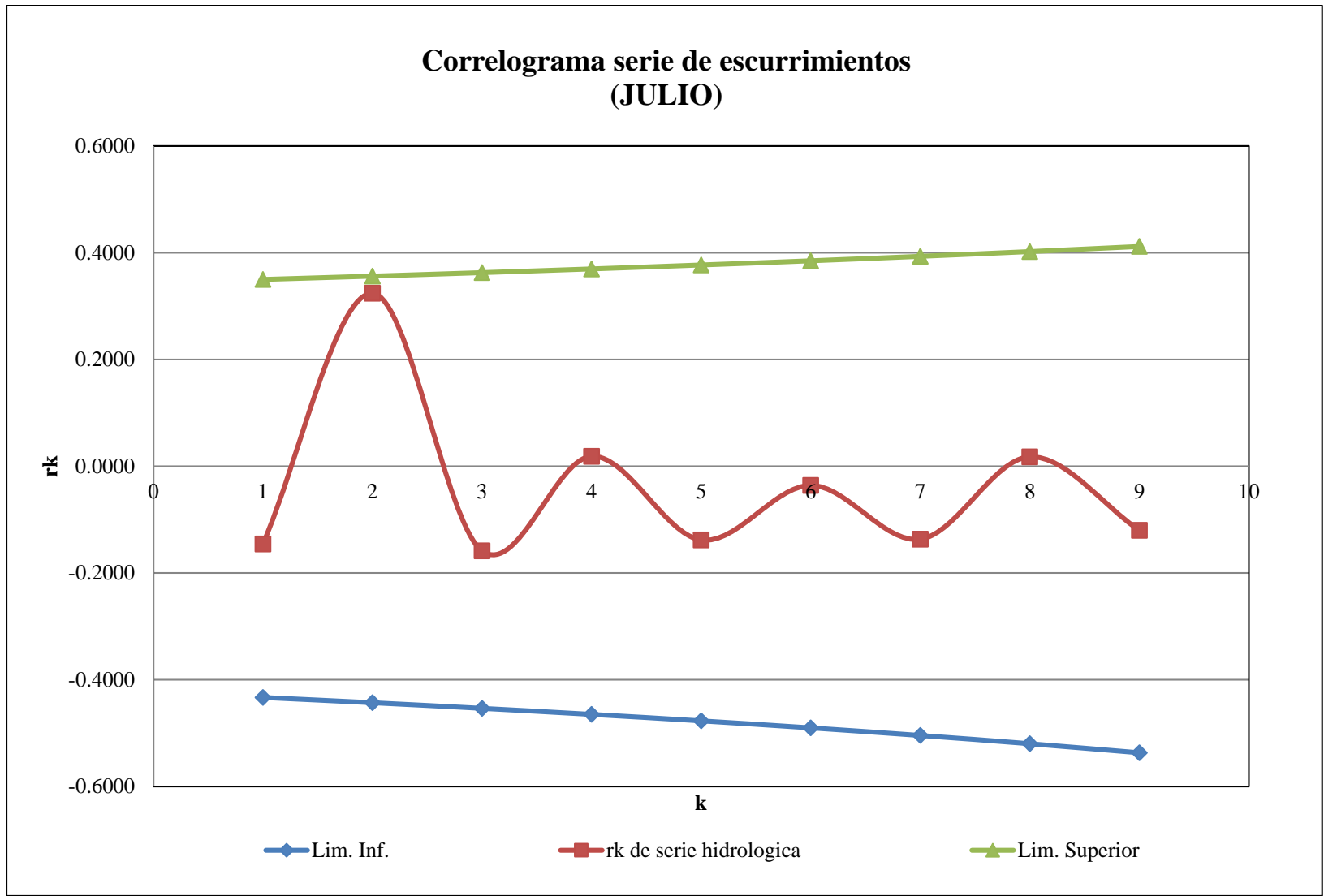


Figura 12. Correlograma para el mes de julio.

Mes: Agosto

Tabla 16. Cálculo del correlograma para el mes de agosto.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		Rk=25/3=8.3333	$(X_t - X_m)^2$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$
ejempl. Mes:	AGOSTO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	20465.3	1	43181720.84	54233299.54	-63935268.76	5282060.577	135279195.7	166689125.6	156996093.3	-84167582.75	40486181.78	-52627541.56
1980	18783.5	2	68113329.49	-80298341.86	6633908.235	169901453.7	209350185.7	197176397.6	-105708749.9	50847886.13	-66096606.86	208247326.7
1981	36766.08	3	94663170.25	-7820669.395	-200295670.7	-246801513.1	-232449916.9	124619327.8	-59944227.86	77920841.24	-245501360.1	23602988.64
1982	26232.77	4	646110.5161	16547578.3	20389693.64	19204025.66	-10295520	4952337.715	-6437489.223	20282280.51	-1949978.755	6413825.057
1983	6450.15	5	423801100.1	522201765.2	491835545.7	-263679230	126834642.1	-164870953.7	519450800.5	-49941032.27	164264889.2	520634314.4
1984	1670.27	6	643449683	606032853.8	-324901845	156283865.2	-203151674.2	640059983	-61536638.76	202404890.1	641518292.2	327282219.5
1985	3145.33	7	570791826.6	-306008686.5	147195902.6	-19133831.7	602840266.1	-57958261.2	190634973.3	604213774	308250641.4	40431162.38
1986	39844.98	8	164055110.6	-78913577.07	102578889.2	-323190258.5	31072153.73	-102201810	-323926613.4	-165257050.8	-21675655.32	-63776609.95
1987	20875.5	9	37958906.77	-49342364.62	155460560.1	-14946287.19	49160982.42	155814760.6	79491732.82	10426395.68	30677742.42	33897214.78
1988	35045.3	10	64139596.04	-202081469	19428514.02	-63903819.32	-202541890.3	-103330427.5	-13553156.86	-39877659.32	-44062615.96	-104454931.9
1989	1803.9	11	636688140	-61212463.07	201338618.9	638138766.8	325558093.2	42701264.36	125640578.9	138825915.8	329101013.8	-264772314.8
1990	29462.5	12	5885087.846	-19357094.94	-61351929.21	-31299802.06	-4105384.416	-12079334.94	-13346999.43	-31640425.49	25455736.52	79196293.21
1991	19057.3	13	63668909.32	201797347.7	102950585.6	13503335.54	39731069.32	43900642.08	104070956.3	-83728420.27	-260490617.4	43124018.76
1992	1746.41	14	639592698.6	326299843	42798554.69	125926837.7	139142216	329850835.8	-265375570.5	-825619855	136680723.8	20575576.51
1993	14134.34	15	166467797	21834460.75	64243865.59	70985931.1	168279400.5	-135386171.8	-421204978.8	69730156.08	10497004.42	-608643044.5
1994	25344.28	16	2863879.29	8426435.544	9310746.909	22072076.6	-17757693.13	-55246622.72	9146035.35	1376821.434	-79831612.51	-120469184.7
1995	22057.3	17	24793229.32	27395152.08	64943006.29	-52248730.27	-162552977.4	26910518.76	4051042.622	-234889766.3	-354458312.4	
1996	21534.75	18	30270133.35	71758443.05	-57731967.61	-179612082	29734640.24	4476178.851	-259540247.4	-391656901.6		
1997	13993.93	19	170110719	-136859526.3	-425788786.8	70489001.93	10611239.19	-615266667.2	-928462691			
1998	37529.81	20	110107875.8	342560727.4	-56710661.54	-8537082.063	495001755.8	746977996.3				
1999	59682.46	21	1065753481	-176434658.5	-26560035.05	1540018461	2323951160					
2000	21632.08	22	29208620.25	4396993.11	-254948856.5	-384728304						
2001	26223	23	661912.4164	-38379367.32	-57916042.84							
2002	74210.02	24	2225333441	3358119634								
2003	98223.24	25	5067540562									
Media	27036.5800	Suma	12349747041	4404896315	-101032672.5	1071520376	3853691944	1237789119	-1269555150	-730749732.9	612865466.2	88661312.51
N	25		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
			Rk	0.356679072	-0.008180951	0.086764561	0.312046225	0.100227893	-0.102800093	-0.059171231	0.049625751	0.007179201

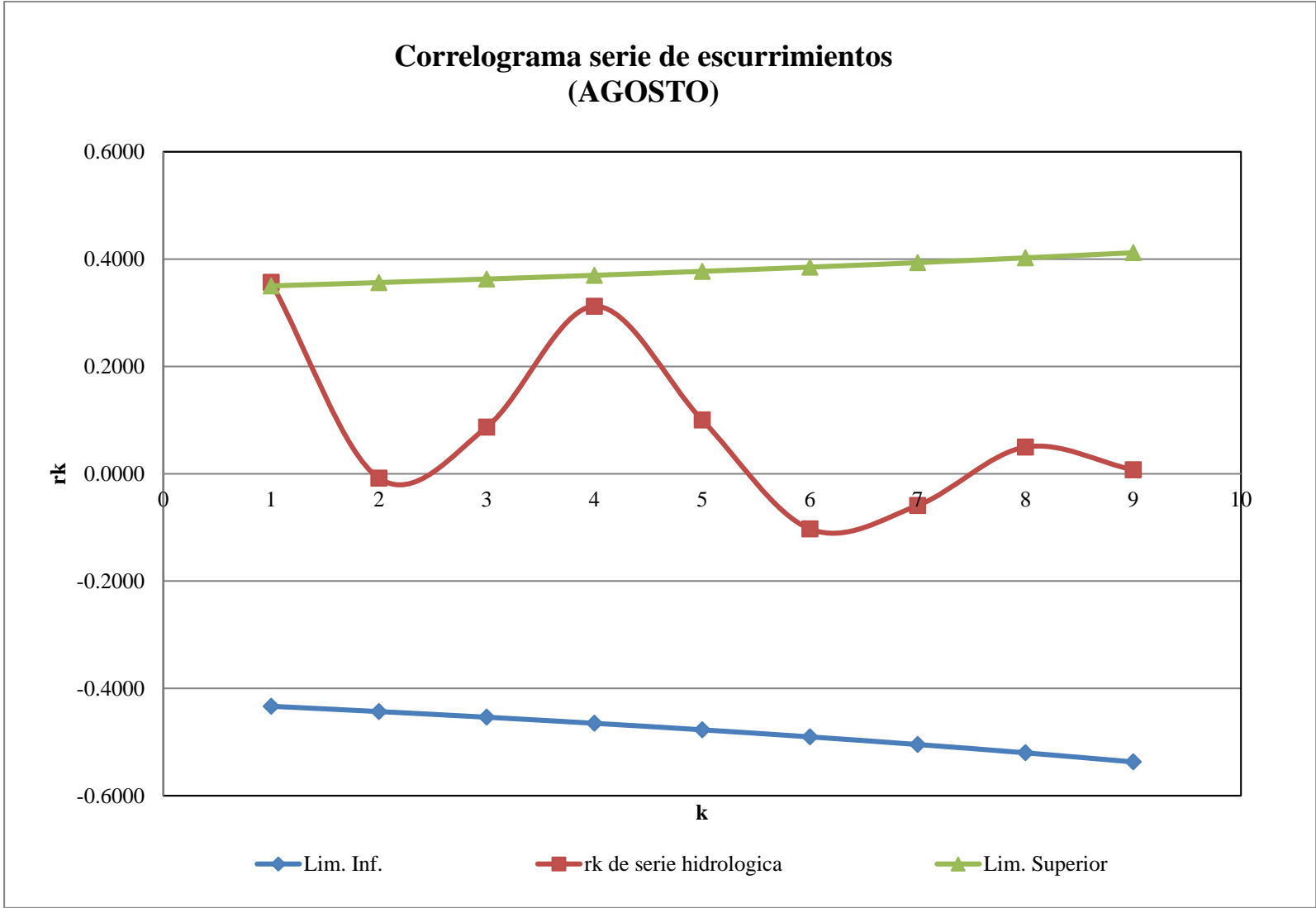


Figura 13. Correlograma para el mes de agosto.

Mes: Septiembre

Tabla 17. Cálculo del correlograma para el mes de septiembre.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.	Rk=25/3=8.3333	$(X_t - X_m)^2$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_t + k - X_m)$
ejempl. Mes:	SEPTIEMBRE	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	31522.89	1	123208215.1	165882078	181570593.4	359629287.7	423242815.9	407850890.4	388554235.1	-241817635.9	-87494565.69	105335235.6
1980	27678.37	2	223336275	244458596.4	484188927.6	569835361.5	549112355.5	523132194.4	-325572543.2	-117798803.9	141818690.8	622024184.1
1981	26264.98	3	267578589.2	529981731.3	623728289.1	601045377.6	572608108.7	-356363994	-128939780.5	155231379.7	680852938.1	-2339702741
1982	10223.54	4	1049712671	1235392561	1190465466	1134140955	-705835272.8	-255385635.6	307460307.7	1348536966	-4634151458	-816632675
1983	4492.55	5	1453916697	1401042610	1334755060	-830687929.7	-300559880	361845853.2	1587074808	-5453869803	-961083884.9	889610589.3
1984	5879.22	6	1350091377	1286214483	-800478588.2	-289629522.5	348686729.8	1529358206	-5255530801	-926132478.8	857258427.8	27148353.91
1985	7617.67	7	1225359798	-762605532.9	-275926276.6	332189309.4	1456999659	-5006875794	-882314359.1	816698947.1	25863883.44	434385064.2
1986	64408.34	8	474609334.8	171723362.8	-206738792.7	-906767141.1	3116040846	549110402.4	-508274497.5	-16096448.28	-270340559.4	524383389.7
1987	50505.26	9	62133024.31	-74802322.88	-328086894.5	1127447299	198679372.6	-183904107.1	-5824024.15	-97814742.7	189732633.7	-142768909.1
1988	33133.08	10	90054967.88	394985792	-1357340607	-239191295.5	221403264.2	7011577.816	117759759	-228420262.6	171880351.2	240744566.8
1989	1000.36	11	1732428311	-5953366785	-1049105513	971086279.2	30753146.46	516500452.5	-1001863200	753876196.1	1055918242	-919065742.5
1990	185655.4	12	20458321917	3605176547	-3337068994	-105681002.5	-1774917103	3442831697	-2590641978	-3628588007	3158304116	-787231295.8
1991	67828.09	13	635306160	-588060102	-18623163.39	-312776851.4	606697662.7	-456524329.8	-639431740.2	556558058.6	-138726324.5	-724731450.1
1992	19291.98	14	544327609.8	17238207.43	289516454.7	-561579143.8	422573809.1	591878873.6	-515168291	128409610.5	670835067.1	41023054.97
1993	41883.95	15	545913.5085	9168641.476	-17784542.97	13382409.49	18744099.34	-16314766.51	4066579.503	21244548	1299151.316	-11004449.57
1994	30213.63	16	153987738.3	-298692184.3	224758158.2	314807975.9	-274007223.8	68298382.27	356803121.5	21819303.71	-184820216.4	-1151783945
1995	66693.07	17	579377435.7	-435966564.3	-610637463.6	531495670.2	-132479333.8	-692096038.9	-42323210.64	358498376.1	2234131535	
1996	24510.56	18	328053585.6	459488928.4	-399936771.8	99687278.84	520784403.5	31847123.47	-269760773.7	-1681126308		
1997	17253.85	19	643584111.2	-560172260.8	139627191.8	729437744.3	44606738.9	-377840981.7	-2354673017			
1998	64703.82	20	487571020.3	-121530781.1	-634898816.2	-38825473.37	328870824	2049495138				
1999	37118.95	21	30292470.5	158253353.5	9677544.21	-81973551.43	-510852234					
2000	13869.65	22	826744187	50557244.09	-428244682.5	-2668784614						
2001	40864.49	23	3091687.816	-26188113.91	-163202109.3							
2002	57516.64	24	221826184	1382402003								
2003	135439.9	25	8615012270									
Media	42622.8096	Suma	41580471551	2290581492	-5149785531	748288423.6	5161152788	2733855143	-11758599405	-8230791105	2911278029	-4008266769
N	25		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
			Rk	0.055087915	-0.123851061	0.01799615	0.124124441	0.065748536	-0.282791391	-0.197948479	0.070015513	-0.096397819

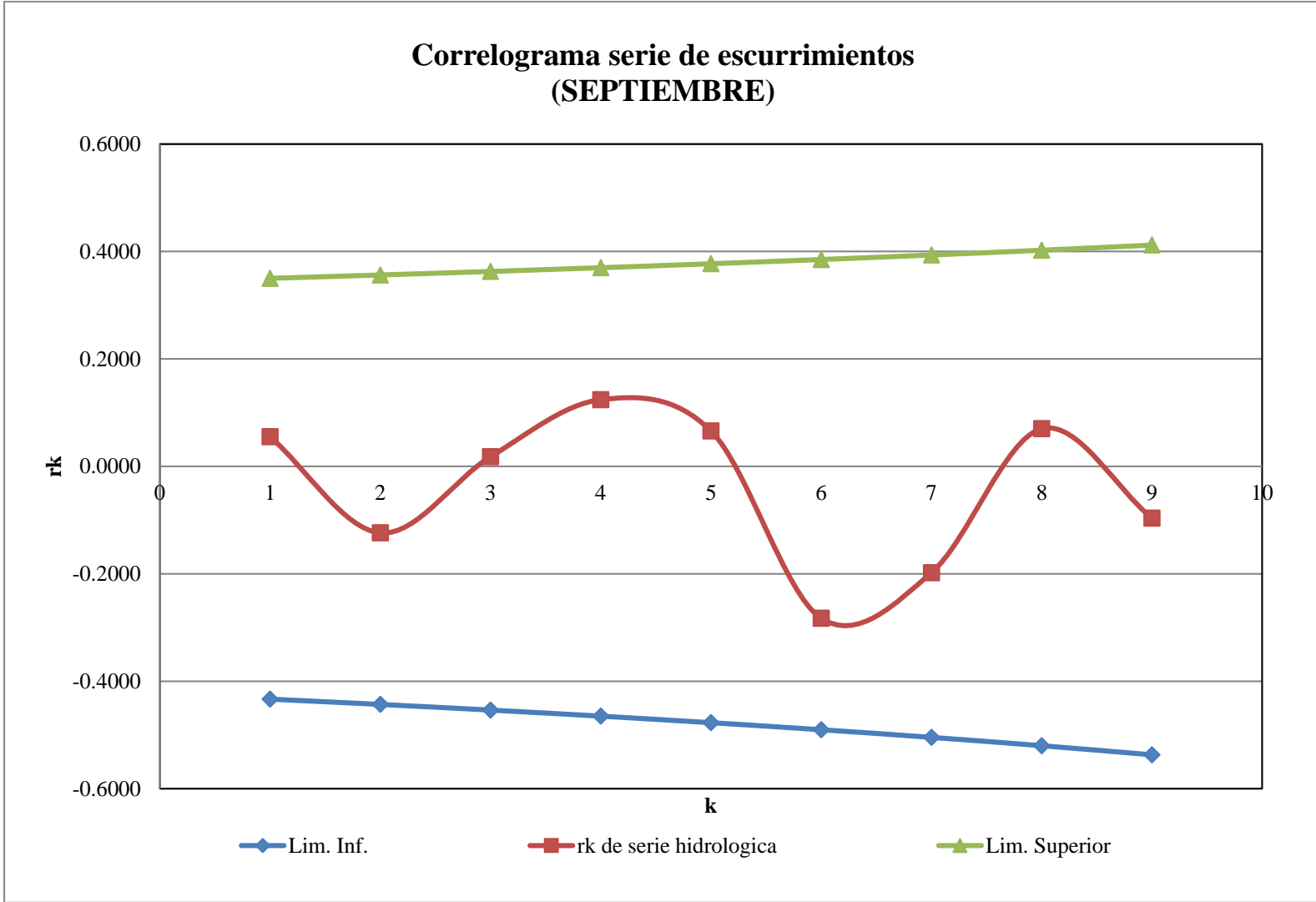


Figura 14. Correlograma para el mes de septiembre.

Mes: Octubre

Tabla 18. Cálculo del correlograma para el mes de octubre.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.	Rk=25/3=8.3333	$(X_t - X_m)^2$	$(X_t - X_m)(X_{t+k} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-1} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-2} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-3} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-4} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-5} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-6} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-7} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-8} - X_m)$	$(X_t - X_m)(X_{t+k-9} - X_m)$
ejempl. Mes:	OCTUBRE	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	2948.38	1	140851337.1	42611875.79	104248515	118812667.5	165472263.7	150733175.8	101774851	-416967558.7	-220796138	54345491.04
1980	11226	2	12891407.32	31538392.64	35944498.17	50060465.83	45601436.91	30790032.93	-126145553	-66797644.94	16441188	7293609.96
1981	6032.52	3	77157612.46	87937000.85	122471239	111562375.3	75326775.73	-308610835.3	-163418182.4	40222811.19	17843570.45	-85724403.51
1982	4805.35	4	100222335.4	139581217	127148318.6	85850385.07	-351725648.6	-186248697.8	45842182.89	20336425.91	-97700624.78	27739091.59
1983	873.83	5	194396948	177081455.7	119565176.5	-489853822.1	-259391479.8	63845126.42	28322859.03	-136069191	38632667.51	-331196306.3
1984	2115.74	6	161308303.8	108915164.1	-446221140.6	-236286738.6	58158258.34	25800060.94	-123949118.9	35191545.28	-301695703.7	-35378230.63
1985	6240.95	7	73539382.05	-301287953.8	-159540509.2	39268383	17420168.75	-83690289.41	23761287.18	-203704560.3	-23887336.9	65087273.05
1986	49949.99	8	1234364888	653631186.6	-160881019.6	-71369745.7	342875821.7	-97349058.35	834569565.7	97865479.07	-266659995.9	-258985427.7
1987	33420.66	9	346116235.3	-85191058.76	-37792302.76	181562463.7	-51549084.99	441928234.3	51822544.39	-141204024.2	-137140122.9	199874391.1
1988	10237.33	10	20968437.05	9301979.961	-44688740.19	12687995.19	-108773672.9	-12755302.91	34755146.09	33754880.8	-49195932.64	36178202.5
1989	12785.075	11	4126527.456	-19824737.76	5628625.381	-48253979.23	-5658484.312	15418014.78	14974278.91	-21824210.29	16049308.49	-13244267.24
1990	24575.68	12	95242363.3	-27041143.75	231822638.8	27184592.56	-74071505.18	-71939701.29	104848265.4	-77104377.79	63628347.97	-73966300.79
1991	12045.63	13	7677502.214	-65818917.99	-7718230.099	21030328.83	20425068.6	-29768444.6	21891419.86	-18065315.1	21000459.28	7873122.854
1992	38570.68	14	564262939.3	66168076.51	-180292164.1	-175103292.4	255203679.4	-187674262.8	154873220.5	-180036093.6	-67495965.88	-134777416.9
1993	17601.99	15	7759174.038	-21141891.26	-20533420.22	29926361.29	-22007550.24	18161148.62	-21111863.26	-7914888.474	-15804621.95	-2477145.111
1994	7226.56	16	57606591.12	55948653.23	-81542168.44	59965304.53	-49484781.18	57524771.99	21566175.82	43063810.28	6749627.259	-86520915.54
1995	7445	17	54338431.38	-79195356.25	58239482.04	-48060591.83	55869188.89	20945493.72	41824418.72	6555370.62	-84030813.26	
1996	25559.97	18	115422994.2	-84880928.86	70045741.01	-81426353.41	-30526936.36	-60956852.39	-9554101.92	122470414.1		
1997	6915.79	19	62420595.93	-51510945.45	59880135.3	22449207.2	44827066.61	7025992.098	-90063531.75			
1998	21336.28	20	42508045.01	-49414497.52	-18525614.35	-36992350.82	-5798014.106	74322546.94				
1999	7237.34	21	57443069.07	21535545.19	43002646.38	6740040.706	-86398029.15					
2000	11975.03	22	8073727.855	16121795.89	2526857.523	-32390829.59						
2001	9142.63	23	32192353.68	5045684.219	-64678715.04							
2002	13927.17	24	790837.7712	-10137449.88								
2003	26215.94	25	129948130.6									
Media	14816.4606	Suma	3601630170	619973146.4	-241890150.7	-452637132.9	35794541.8	-132498846.4	946583864.1	-870227127.1	-1084062087	-623879231.6
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.172136815	-0.067161296	-0.125675628	0.009938428	-0.036788576	0.26282095	-0.241620346	-0.300992061	-0.173221348

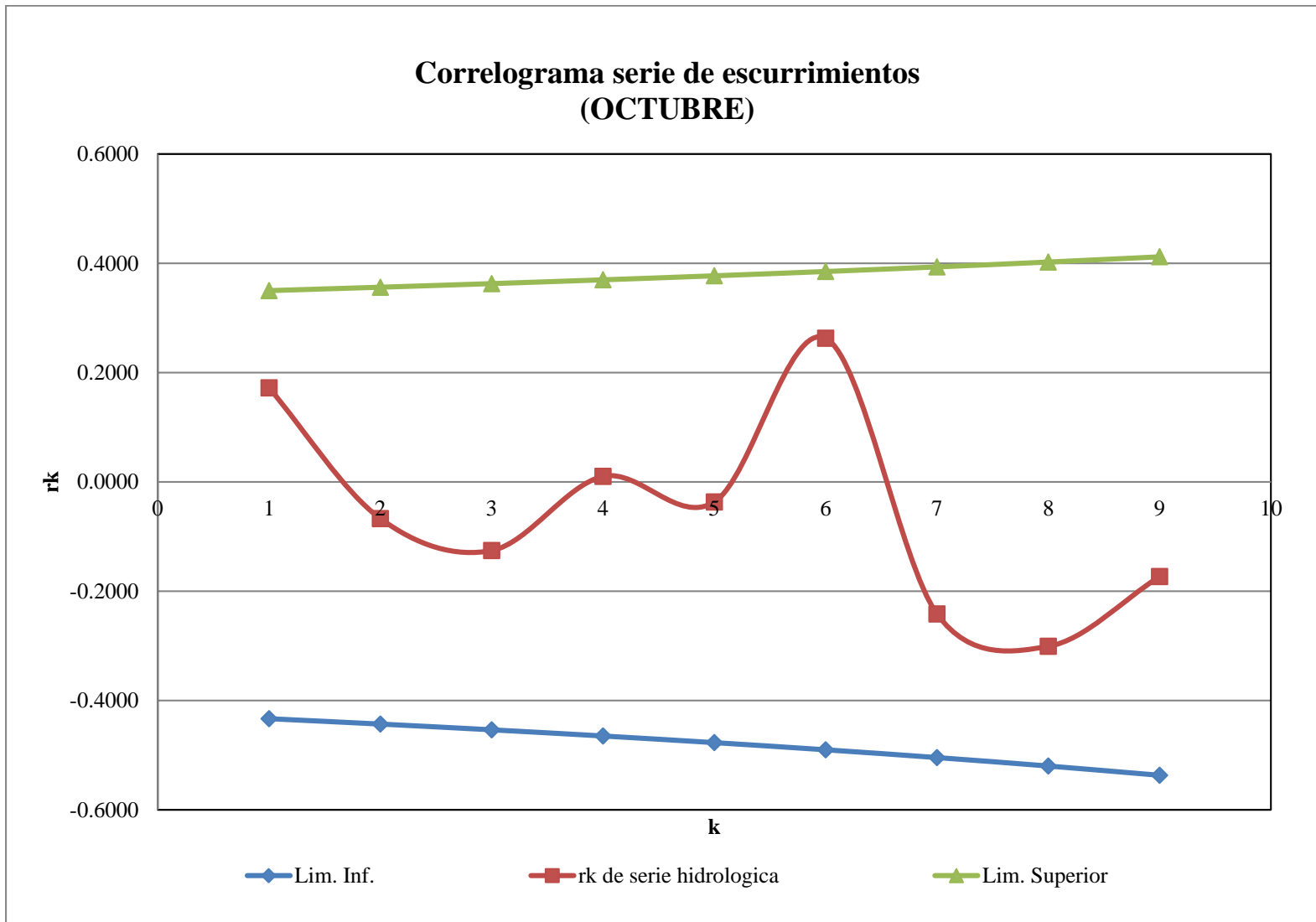


Figura 15. Correlograma para el mes de octubre.

Mes: Noviembre

Tabla 19. Cálculo del correlograma para el mes de noviembre.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h		Rk=25/3=8.3333	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)^2$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$	$(\bar{X}_i - \bar{X}_m)(\bar{X}_i + k - \bar{X}_m)$
ejempl. Mes:	NOVIEMBRE	N		K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9
Año	esc (Mm3)											
1979	3023.04	1	6042506.929	-646023.9427	6332667.087	6286773.406	3999390.044	-2595829.411	6036951.507	-3957202.664	396772.9254	1868246.767
1980	5744	2	69068.50741	-677045.9029	-672139.2611	-427587.714	277528.511	-645429.9946	423077.3249	-42420.27567	-199740.2993	-254071.3047
1981	2905	3	6636760.687	6588663.199	4191440.076	-2720480.699	6326844.895	-4147226.865	415825.894	1957959.66	2490540.803	-6200425.426
1982	2923.67	4	6540914.279	4161064.151	-2700765.014	6280993.408	-4117171.36	412812.3484	1943770.066	2472491.522	-6155490.118	701888.9606
1983	3854.2	5	2647100.105	-1718117.07	3995713.044	-2619177.292	262614.4589	1236547.613	1572898.741	-3915872.945	446513.2652	-13757916.44
1984	6537.2	6	1115154.755	-2593442.831	1699993.593	-170451.5761	-802589.0517	-1020899.879	2541622.11	-289812.2598	8929662.707	9074430.964
1985	3025.3	7	6031401.193	-3953564.451	396408.1363	1866529.12	2374240.403	-5910885.115	673997.5096	-20767135.35	-21103813.47	9676631.265
1986	7091.02	8	2591549.023	-259844.2825	-1223503.948	-1556307.092	3874566.542	-441803.2408	13612791.7	13833483.14	-6343001.261	-4125622.962
1987	5319.78	9	26053.54966	122675.8602	156044.7039	-388487.3311	44297.84855	-1364900.32	-1387028.171	635987.4335	413659.7568	148818.0052
1988	4721.17	10	577632.1028	734752.789	-1829233.181	208581.0474	-6426775.741	-6530967.036	2994613.268	1947760.177	700725.1234	1280294.429
1989	4514.438	11	934611.595	-2326799.662	265316.809	-8174911.638	-8307443.823	3809172.724	2477566.976	891328.1243	1628545.051	1607537.506
1990	7888.01	12	5792777.121	-660530.0691	20352178.09	20682128.89	-9483278.242	-6168125.917	-2219041.567	-4054409.44	-4002109.266	-4667474.345
1991	5206.75	13	75317.92835	-2320687.525	-2358310.659	1081344.975	703329.7765	253029.5312	462310.0961	456346.4905	532215.7382	584979.7879
1992	13937.24	14	71504762.66	72664002.4	-33318279.59	-21670917.86	-7796317.417	-14244646.61	-14060896.67	-16398571.38	-18024331.34	-25176880.29
1993	14074.33	15	73842035.81	-33858437.65	-22022248.15	-7922711.809	-14475581.72	-14288852.82	-16664426.06	-18316542.94	-25585049.46	16731261.43
1994	1541.02	16	15524948.45	10097756.75	3632763.382	6637419.673	6551799.755	7641060.061	8398597.36	11731391.1	-7671705.766	-28866280.24
1995	2918.42	17	6567795.814	2362826.588	4317118.96	4261429.944	4969908.02	5462626.396	7630346.348	-4989840.639	-18775242.77	
1996	4559.21	18	850049.1856	1553124.328	1533089.679	1787971.359	1965231.449	2745089.18	-1795142.307	-6754570.95		
1997	3796.64	19	2837712.476	2801107.18	3266801.337	3590673.136	5015550.7	-3279903.371	-12341272.3			
1998	3818.37	20	2764974.077	3224660.976	3544354.964	4950852.209	-3237593.999	-12182075.09				
1999	3541.92	21	3760772.477	4133616.742	5773949.219	-3775855.662	-14207388.94					
2000	3349.66	22	4543424.916	6346380.513	-4150195.28	-15615914.33						
2001	2503.81	23	8864798.334	-5797106.575	-21812737.36							
2002	7428.24	24	3790999.341	14264369.97								
2003	12807.34	25	53672457.41									
Media	5481.1911	Sum a	287605578.7	74243401.5	-30629573.35	-7408105.829	-32488837.9	-51261207.81	716561.8233	-45559631.2	-92321848.38	-41374581.88
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.25814312	-0.106498537	-0.025757866	-0.11296317	-0.1782344	0.002491474	-0.158410109	-0.321001591	-0.14385876

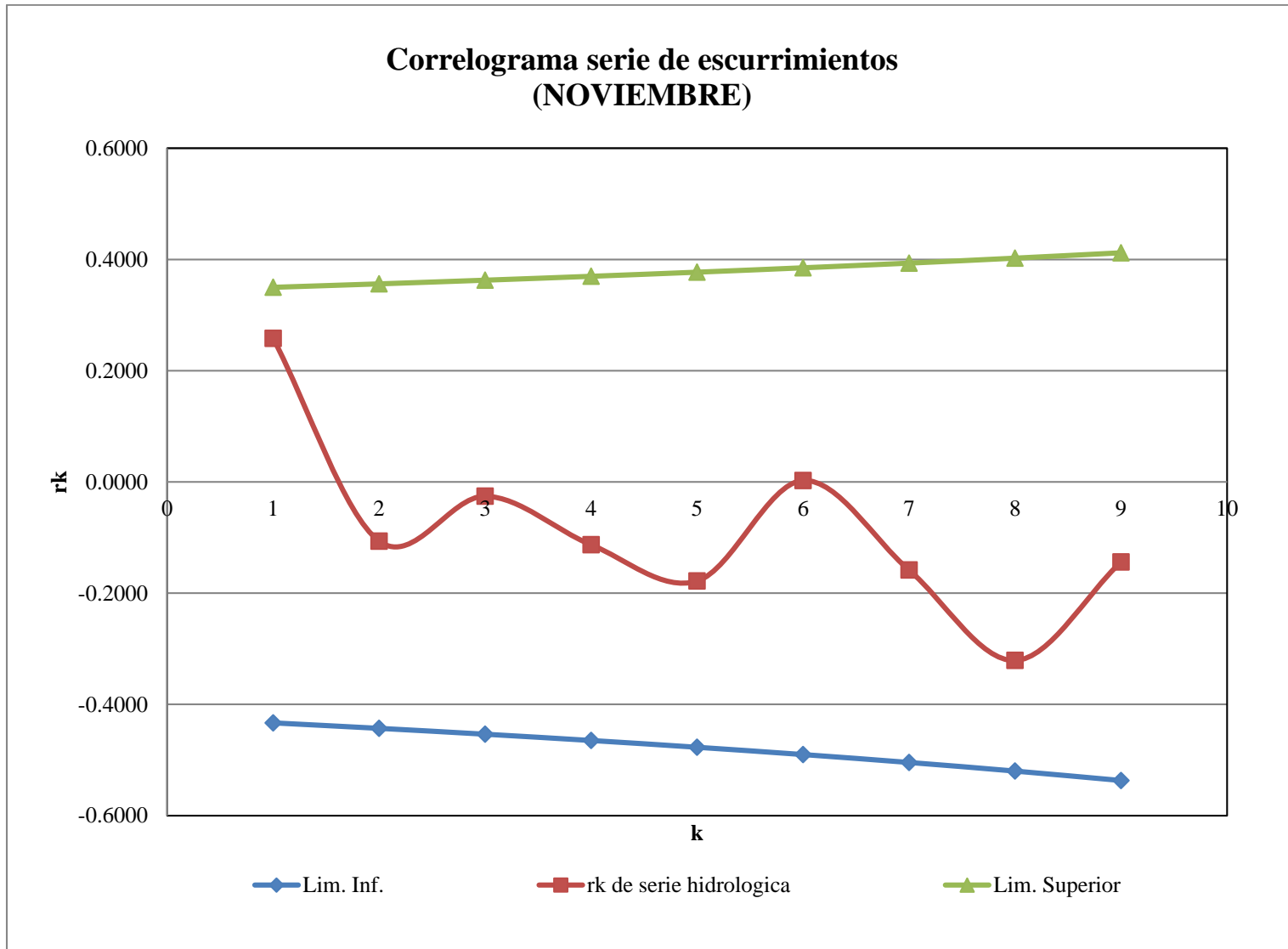


Figura 16. Correlograma para el mes de noviembre.

Mes: Diciembre

Tabla 20. Cálculo del correlograma para el mes de diciembre.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		$Rk=25/\beta=8.3333$	$(X_i-X_m)^2$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$	$(X_i-X_m)(X_i+k-X_m)$
ejempl. Mes:	DICIEMBRE	N		K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9
Año	esc (Mm3)											
1979	6006.72	1	548841.3571	-720007.1818	-2386893.312	-1356202.055	-3792656.173	-1938130.524	-3793908.19	349037.273	-423679.2782	2769970.83
1980	4294	2	944554.0777	3131287.948	1779157.505	4975462.668	2542570.596	4977105.148	-457890.6819	555811.1085	-3633834.923	1409421.626
1981	2044	3	10380521.82	5898078.875	16494139.04	8428866.966	16499584.02	-1517951.812	1842567.478	-12046513.55	4672368.746	3829211.966
1982	3435.25	4	3351212.494	9371757.482	4789173.71	9374851.25	-862480.6799	1046923.123	-6844673.933	2654779.777	2175708.948	-87080.00223
1983	146.47	5	26208376.36	13393055.39	26217028.16	-2411950.832	2927749.174	-19141318.03	7424164.323	6084429.635	-243521.6101	-7373223.924
1984	2649.75	6	6844145.176	13397476.65	-1232559.799	1496144.069	-9781633.517	3793910.872	3109277.049	-124444.8862	-3767879.21	-33429842.26
1985	144.78	7	26225682.83	-2412747.056	2928715.671	-1914763.689	7426615.159	6086438.203	-243602.0005	-7375657.944	-65439221.36	9438660.177
1986	5737.02	8	221971.2789	-269440.0813	1761571.084	-683244.1306	-559948.6561	22411.23762	678556.0974	6020369.03	-868351.0628	2387803.375
1987	4693.99	9	327060.1394	-2138285.001	829356.6403	679694.2929	-27203.90547	-823666.0661	-7307831.577	1054048.894	-2898437.756	-172784.6617
1988	9004.85	10	13979883.8	-5422247.014	-4443770.232	177856.2901	5385042.634	47777838.89	-6891261.478	18949683.05	1129648.055	-964248.9608
1989	3815.683	11	2103076.327	1723563.673	-68983.45877	-2088646.212	-18531144.32	2672849.253	-7349836.65	-438146.0449	373994.2422	2886811.572
1990	4077.38	12	1412536.338	-56534.9826	-1711737.558	-15187088.91	2190517.679	-6023514.833	-359079.9804	306504.7528	2365869.223	2905591.624
1991	5313.45	13	2262.741262	68510.13345	607844.0489	-87672.703	241083.5721	14371.72262	-12267.46555	-94690.92703	-116292.6343	-110892.6832
1992	6706.13	14	2074315.108	18403994.13	-2654509.68	7299406.246	435139.7356	-371428.1062	-2867003.911	-3521049.46	-3357552.475	1281573.65
1993	18044.23	15	163286184.8	-23551667.91	64762691.64	3860700.387	-3295430.217	-25436985.42	-31239888.94	-29789290.84	11370535.67	1059814.228
1994	3422.79	16	3396987.088	-9341080.562	-556850.1312	475318.0938	3668916.841	4505901.653	4296673.881	-1640035.135	-152862.8571	-9950978.043
1995	10334.04	17	25686228.35	1531233.944	-1307036.056	-1008883.663	-12390388.67	-11815051.34	4509790.565	420344.3305	27363332.61	
1996	5568.01	18	91281.49758	-77916.38179	-601426.1377	-738628.6322	-704331.0298	268842.2877	25057.99988	1631211.213		
1997	5007.99	19	66508.13924	513367.4382	630481.226	601205.358	-229479.3456	-21389.09568	-1392375.005			
1998	3275.25	20	3962614.645	4866600.321	4640623.809	-1771320.4	-165099.571	-10747556.58				
1999	2821.13	21	5976810.972	5699282.757	-2175409.218	-202763.5027	-13199381.46					
2000	2934.65	22	5434641.332	-2074395.912	-193348.3491	-12586479.23						
2001	6155.71	23	791794.3679	73800.82704	4804243.641							
2002	5348.82	24	6878.758289	447789.4367								
2003	10664.95	25	29149938.29									
Media	5265.8817	Suma	332474308	32455476.93	112912502.2	-28980964.51	-22221958.14	-6670399.418	-46873532.42	-17003609.73	-31450175.67	-24120191.49
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.097618	0.339612714	-0.087167531	-0.066838121	-0.020062902	-0.140983924	-0.051142628	-0.094594304	-0.072547535

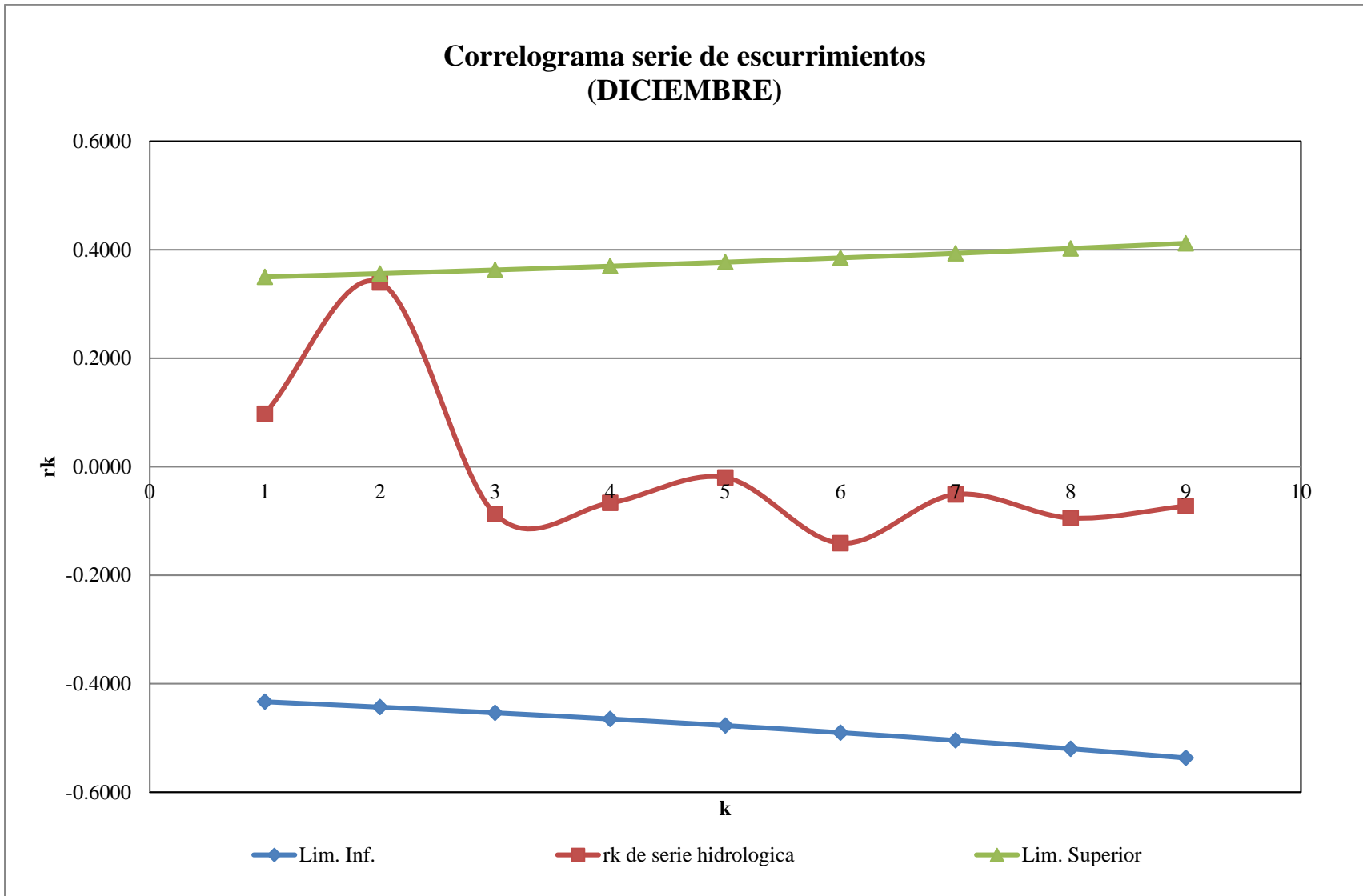


Figura 17. Correlograma para el mes de diciembre.

➤ Los valores que se mencionan en el inciso c del punto 1 se muestran en la tabla 21 y 22.

Tabla 21. Estadísticos de la serie $x_{t,\tau}$

Estadísticas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
Media X_τ	20236.8	12320.0	14011.6	14762.9	14588.6	15293.8	32505.4	27036.6	42622.8	14816.5	5481.2	5265.9
Varianza sesgada S_{τ^2} sesg	1572492752.6	162422790.3	51838957.6	34680700.2	20388889.8	104866005.6	456078667.8	493989881.6	1663218862.0	144065206.8	11504223.1	13298972.3
Varianza insesgada S_{τ^2}	1638013284.0	169190406.5	53998914.1	36125729.4	21238426.9	109235422.5	475081945.7	514572793.4	1732519647.9	150067923.7	11983565.8	13853096.2
Coficiente de asimetría sesg g_{sesg}	4.5	2.9	-0.3	-0.3	1.3	1.7	0.7	1.6	2.0	1.3	1.5	1.7
Coficiente de asimetría insesg g_{insesg}	5.1	3.3	-0.3	-0.3	1.5	2.0	0.8	1.8	2.3	1.5	1.7	1.9
Coficiente de curtosis sesg k_{sesg}	21.7	12.9	2.5	3.7	5.7	6.3	2.7	5.5	7.3	4.1	4.3	6.8
Coficiente de curtosis insesg k_{insesg}	28.0	16.6	3.2	4.8	7.4	8.1	3.5	7.1	9.4	5.3	5.5	8.7
Desviación Estándar insesg S_τ	40472.4	13007.3	7348.4	6010.5	4608.5	10451.6	21796.4	22684.2	41623.5	12250.2	3461.7	3722.0
Coficiente de Variación CV	2.0	1.1	0.5	0.4	0.3	0.7	0.7	0.8	1.0	0.8	0.6	0.7

Tabla 22. Estadísticos muestrales de las series mensuales $x_{v,\tau}$ y coeficientes de autocorrelación $r_{k,\tau}$

Estadísticos - rk	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
\bar{x}_τ	20236.8	12320.0	14011.6	14762.9	14588.6	15293.8	32505.4	27036.6	42622.8	14816.5	5481.2	5265.9
S_τ	40472	13007	7348	6010	4609	10452	21796	22684	41624	12250	3462	3722
g_τ	5.1	3.3	-0.3	-0.3	1.5	2.0	0.8	1.8	2.3	1.5	1.7	1.9
k_τ	28.0	16.6	3.2	4.8	7.4	8.1	3.5	7.1	9.4	5.3	5.5	8.7
CV_τ	2.000	1.056	0.524	0.407	0.316	0.683	0.671	0.839	0.977	0.827	0.632	0.707
$r_{1,\tau}$	0.067	0.347	0.473	0.273	0.361	-0.054	-0.054	0.357	0.055	0.172	0.258	0.098
$r_{2,\tau}$	-0.025	0.190	0.191	0.013	-0.027	-0.113	-0.113	-0.008	-0.124	-0.067	-0.106	0.340
$r_{3,\tau}$	0.004	0.042	0.158	-0.172	-0.413	-0.379	-0.379	0.087	0.018	-0.126	-0.026	-0.087
$r_{4,\tau}$	-0.100	-0.101	-0.089	-0.219	-0.342	-0.112	-0.112	0.312	0.124	0.010	-0.113	-0.067
$r_{5,\tau}$	-0.010	-0.013	-0.245	-0.181	0.122	0.069	0.069	0.100	0.066	-0.037	-0.178	-0.020
$r_{6,\tau}$	-0.066	-0.042	-0.019	-0.016	0.246	0.100	0.100	-0.103	-0.283	0.263	0.002	-0.141
$r_{7,\tau}$	-0.039	-0.031	0.045	0.361	0.139	0.330	0.330	-0.059	-0.198	-0.242	-0.158	-0.051
$r_{8,\tau}$	-0.110	-0.231	-0.043	0.239	-0.141	-0.026	-0.026	0.050	0.070	-0.301	-0.321	-0.095
$r_{9,\tau}$	-0.111	-0.294	-0.157	-0.058	-0.315	-0.216	-0.216	0.007	-0.096	-0.173	-0.144	-0.073

➤ Para realizar el inciso d del paso 1, se utilizó la siguiente expresión $y_{v,\tau} = \ln(x_{v,\tau})$, y los resultados se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Series normalizada $y_{v,\tau}$ de los volúmenes de escurrimiento (Mm^3).

n	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1	1979	9.595	9.106	9.607	9.679	9.486	9.432	10.031	9.926	10.358	7.989	8.014	8.701
2	1980	8.424	8.085	7.494	8.247	9.676	9.312	10.813	9.841	10.228	9.326	8.656	8.365
3	1981	8.184	7.451	7.440	9.118	9.506	10.213	9.954	10.512	10.176	8.705	7.974	7.623
4	1982	8.163	7.849	8.484	9.477	9.395	9.445	10.673	10.175	9.232	8.477	7.981	8.142
5	1983	9.461	8.372	8.990	8.522	9.505	9.117	7.921	8.772	8.410	6.773	8.257	4.987
6	1984	9.281	9.317	9.538	9.525	9.328	8.580	7.875	7.421	8.679	7.657	8.785	7.882
7	1985	9.527	9.358	9.759	9.638	9.036	9.004	9.330	8.054	8.938	8.739	8.015	4.975
8	1986	9.927	9.695	9.866	9.970	9.690	10.827	9.650	10.593	11.073	10.819	8.867	8.655
9	1987	9.974	9.758	9.849	9.800	9.483	9.600	10.888	9.946	10.830	10.417	8.579	8.454
10	1988	7.950	7.760	7.692	9.438	9.770	10.058	10.720	10.464	10.408	9.234	8.460	9.106
11	1989	9.867	9.350	9.708	9.779	8.958	6.806	10.481	7.498	6.908	9.456	8.415	8.247
12	1990	8.912	10.139	9.920	6.894	9.454	9.633	10.700	10.291	12.132	10.110	8.973	8.313
13	1991	9.901	9.851	9.868	9.560	9.401	8.825	11.052	9.855	11.125	9.396	8.558	8.578
14	1992	12.263	11.099	10.132	10.027	10.006	9.644	9.412	7.465	9.867	10.560	9.542	8.811
15	1993	10.153	10.041	10.277	10.283	10.295	10.409	11.289	9.556	10.643	9.776	9.552	9.801
16	1994	9.865	9.233	9.763	9.818	9.835	10.202	9.348	10.140	10.316	8.886	7.340	8.138
17	1995	9.687	9.071	9.886	9.738	9.634	9.008	11.297	10.001	11.108	8.915	7.979	9.243
18	1996	9.457	9.552	9.759	9.706	9.216	9.299	9.845	9.977	10.107	10.149	8.425	8.625
19	1997	9.527	9.200	9.324	9.511	9.096	9.748	9.874	9.546	9.756	8.842	8.242	8.519
20	1998	7.921	7.794	7.764	9.022	9.731	9.247	9.802	10.533	11.078	9.968	8.248	8.094
21	1999	9.674	9.521	9.694	9.799	9.758	9.497	10.316	10.997	10.522	8.887	8.172	7.945
22	2000	8.032	7.929	9.656	9.725	9.716	9.933	9.613	9.982	9.537	9.391	8.117	7.984
23	2001	7.862	7.739	8.938	9.753	9.591	9.054	10.267	10.174	10.618	9.121	7.826	8.725
24	2002	9.636	9.090	9.617	9.679	9.367	9.163	10.660	11.215	10.960	9.542	8.913	8.585
25	2003	9.390	9.285	9.605	9.614	9.677	9.283	10.713	11.495	11.816	10.174	9.458	9.275

- Los valores que se mencionan en el inciso e del punto 1 se muestran en la tabla 24 y 37. Mientras que el cálculo de los coeficientes de autocorrelación para la serie normalizada se muestran de la página 71 a 94.

Tabla 24. Estadísticos la serie normalizadas.

Estadísticas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
Media Y_{τ}	9.305	9.026	9.305	9.453	9.544	9.414	10.101	9.777	10.193	9.252	8.454	8.231
Varianza sesgada $S_{\tau 2}$ sesg	0.915	0.815	0.692	0.457	0.086	0.548	0.754	1.193	1.229	0.835	0.290	1.147
Varianza insesgada $S_{\tau 2}$	0.953	0.848	0.721	0.476	0.089	0.571	0.786	1.243	1.280	0.870	0.302	1.195
Coefficiente de asimetría sesg g_{sesg}	0.636	-0.055	-1.247	-2.363	0.168	-1.326	-1.017	-0.968	-0.952	-0.626	0.454	-2.005
Coefficiente de asimetría insesg g_{insesg}	0.721	-0.062	-1.412	-2.675	0.190	-1.501	-1.151	-1.096	-1.077	-0.708	0.514	-2.270
Coefficiente de curtosis sesg k_{sesg}	4.576	2.430	3.163	8.914	3.382	7.041	3.814	3.170	4.230	3.465	2.846	7.068
Coefficiente de curtosis insesg k_{insesg}	5.888	3.126	4.069	11.469	4.351	9.059	4.907	4.079	5.442	4.458	3.661	9.094
Desviación Estándar inses S_{τ}	0.976	0.921	0.849	0.690	0.298	0.756	0.887	1.115	1.131	0.933	0.550	1.093
Coefficiente de Variación CV	0.105	0.102	0.091	0.073	0.031	0.080	0.088	0.114	0.111	0.101	0.065	0.133

Prueba de Independencia para cada Mes de la serie y_t, τ

Mes: Enero

Tabla 25. Cálculo del correlograma para el mes de enero.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$
ejempl. Mes:	ENERO	N	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	9.595126469	1	0.083983202	-0.255540389	-0.324891171	-0.331185168	0.045232457	-0.007162513	0.064296129	0.180247113	0.193764559	-0.392657112
1980	8.423541635	2	0.777547042	0.988564549	1.007715645	-0.137631329	0.021793779	-0.195637431	-0.548447977	-0.589578268	1.194759768	-0.495393535
1981	8.184234774	3	1.256849829	1.281198318	-0.174982921	0.027708366	-0.248731226	-0.697290579	-0.749583167	1.519004108	-0.629837759	0.440849548
1982	8.16251625	4	1.3060185	-0.1783728	0.02824515	-0.253549804	-0.710798932	-0.764104566	1.548431215	-0.642039374	0.449389964	-0.68066592
1983	9.461410326	5	0.024361719	-0.003857653	0.03462921	0.097079173	0.104359526	-0.211480934	0.087688161	-0.061376578	0.09296368	0.461620109
1984	9.280612425	6	0.000610855	-0.0054835	-0.015372387	-0.016525224	0.033487789	-0.01388533	0.009718918	-0.014720703	-0.07309707	-0.020949676
1985	9.527192822	7	0.049224037	0.137994163	0.148342893	-0.300611692	0.124645216	-0.087244352	0.132144155	0.656174528	0.188060124	0.124230687
1986	9.927301731	8	0.386851428	0.415862952	-0.842731748	0.349429125	-0.244579925	0.370451574	1.839512973	0.527205833	0.348267039	0.237164056
1987	9.973946016	9	0.447050166	-0.905931547	0.375634202	-0.262921944	0.398233208	1.977465354	0.566743092	0.374384967	0.25494993	0.10164919
1988	7.950396684	10	1.83583864	-0.761209591	0.532802137	-0.807005687	-4.007264473	-1.148485081	-0.75867806	-0.516647129	-0.205988533	-0.300710387
1989	9.867134723	11	0.31562689	-0.22092034	0.33461572	1.66156659	0.476206263	0.31457722	0.21422185	0.0854108	0.124686138	-0.777994992
1990	8.912096048	12	0.154631301	-0.234211409	-1.162999311	-0.333316497	-0.220185632	-0.14994275	-0.059782558	-0.087272995	0.544550935	-0.145101778
1991	9.900934296	13	0.354746961	1.761530208	0.504855912	0.333502899	0.227109923	0.090549308	0.132187539	-0.824800937	0.219777572	-0.758303801
1992	12.26286877	14	8.747047921	2.506910663	1.65604077	1.127736197	0.449631308	0.656389959	-4.095628499	1.091326704	-3.765430567	-4.269166695
1993	10.1529614	15	0.718482524	0.474622559	0.323210061	0.128864679	0.188121867	-1.173810278	0.312775073	-1.079175297	-1.223546459	0.280122737
1994	9.86526634	16	0.31353104	0.213509419	0.085126752	0.124271473	-0.775407639	0.206616167	-0.712892692	-0.808262875	0.185046352	0.04726613
1995	9.686636661	17	0.14539636	0.057969901	0.084626805	-0.528039694	0.14070217	-0.485468056	-0.550413563	0.126013485	0.032187448	
1996	9.457356688	18	0.023112748	0.033740924	-0.210530778	0.056098315	-0.193557356	-0.219451296	0.050241899	0.012833218		
1997	9.527265663	19	0.049256364	-0.307341339	0.081894589	-0.282562853	-0.320363873	0.073345155	0.01873445			
1998	7.920519151	20	1.917695313	-0.510991684	1.763086801	1.998951068	-0.45764641	-0.116895981				
1999	9.674325929	21	0.136159535	-0.469794491	-0.532643203	0.121945081	0.031148261					
2000	8.03216526	22	1.620943143	1.837791551	-0.420750022	-0.107471588						
2001	7.861842634	23	2.083649756	-0.477037606	-0.121849047							
2002	9.635804167	24	0.109214553	0.02789652								
2003	9.389741	25	0.007125569									
Media	9.3053	Suma	22.8649554	5.406899376	3.154076059	2.666331486	-4.937863699	-1.58146441	-2.498731061	-0.051273399	-2.069496877	-6.148041439
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.236471022	0.137943679	0.116612145	-0.215957723	-0.069165427	-0.109282131	-0.002242445	-0.090509552	-0.268884908

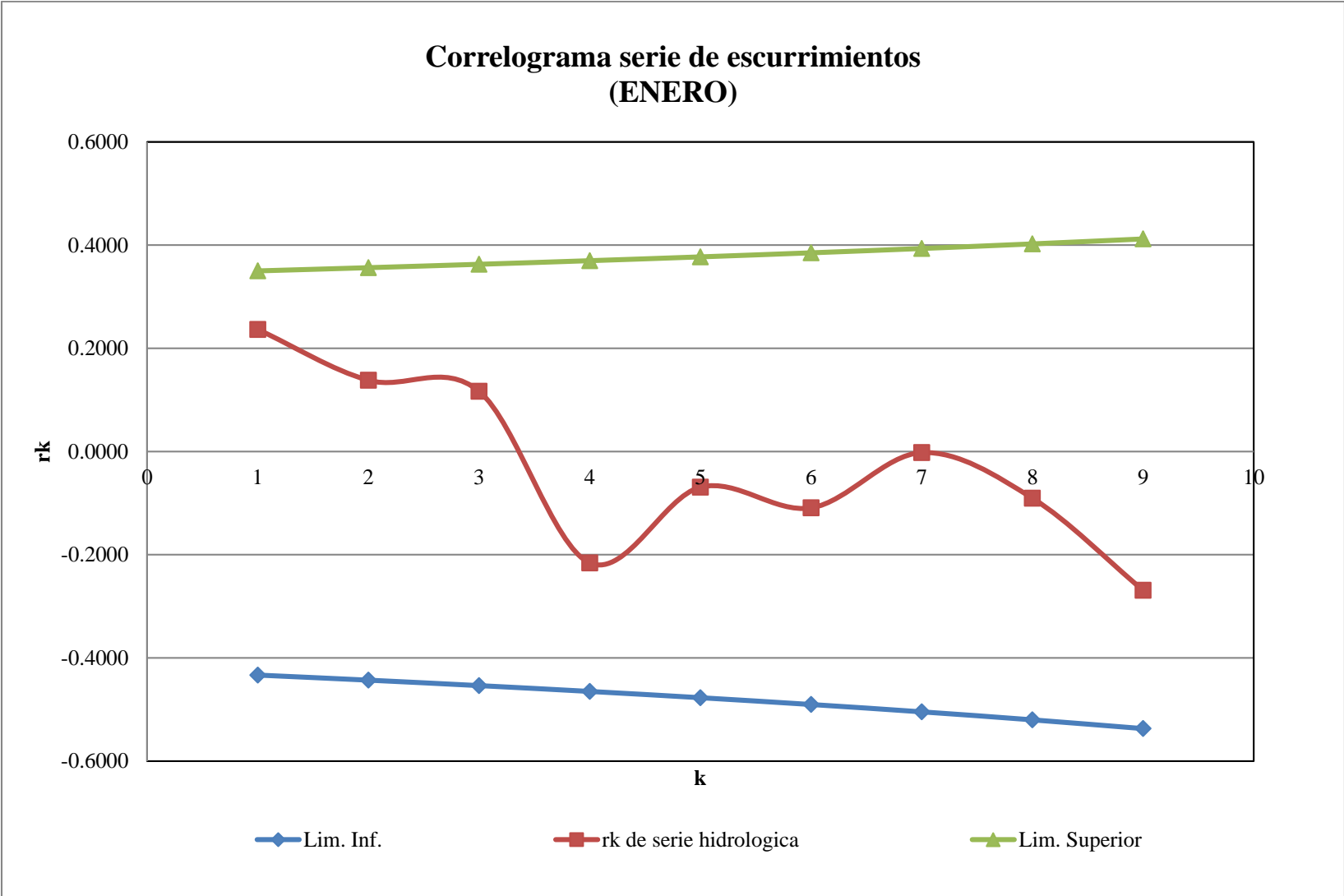


Figura 18. Correlograma para el mes de enero.

Mes: Febrero

Tabla 26. Cálculo del correlograma para el mes de febrero.

Estación:		Prueba de Anderson											
hp máx. mensuales en 24 h		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$
ejempl. Mes: FEBRERO		N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9		
Año	esc (Mm3)												
1979	9.10579952	1	0.006394834	-0.075197236	-0.125916361	-0.094135684	-0.052268344	0.023278481	0.026530689	0.053549451	0.058576383	-0.101186615	
1980	8.085486772	2	0.884248798	1.480658021	1.106947142	0.61462659	-0.273733048	-0.311975965	-0.629691202	-0.688803193	1.189859461	-0.304465684	
1981	7.451241685	3	2.479334075	1.853562219	1.029180692	-0.458360852	-0.522397901	-1.054406103	-1.153388023	1.992397342	-0.509822075	-1.752227221	
1982	7.848660572	4	1.385732134	0.769420493	-0.342672803	-0.390547212	-0.788279133	-0.862278498	1.489525948	-0.381145464	-1.309973596	-0.971236926	
1983	8.372213661	5	0.42721669	-0.190267275	-0.21684929	-0.437687851	-0.47877561	0.827051463	-0.211629018	-0.727355963	-0.539274205	-1.355336738	
1984	9.316930332	6	0.084738347	0.09657704	0.194930762	0.213229803	-0.368339609	0.094252115	0.323938742	0.240173748	0.603619274	0.295516874	
1985	9.357599359	7	0.110069703	0.222164306	0.243019885	-0.419799897	0.107419966	0.369195838	0.273728136	0.687950203	0.336803185	0.068820112	
1986	9.69547027	8	0.448415662	0.490510489	-0.847322649	0.216816085	0.745183593	0.552491916	1.388556295	0.679802375	0.138906274	0.030498882	
1987	9.758332292	9	0.53655695	-0.926864698	0.237169602	0.815137383	0.604356857	1.51890642	0.74361853	0.151946041	0.033361951	0.385059617	
1988	7.760488342	10	1.601094103	-0.409693941	-1.40809296	-1.043984307	-2.623804872	-1.284549132	-0.262476185	-0.057630443	-0.665163625	-0.219997812	
1989	9.349612629	11	0.104834016	0.360308087	0.267138605	0.671388993	0.328695231	0.067163387	0.014746693	0.170204553	0.056293862	-0.398898528	
1990	10.13864663	12	1.238356809	0.918139009	2.307522813	1.12970536	0.230836444	0.05068348	0.584982616	0.193478553	-1.370989788	0.551179123	
1991	9.850891831	13	0.680724032	1.710837049	0.837582958	0.171146104	0.037577603	0.43371616	0.143448322	-1.016475378	0.40865367	-0.905329166	
1992	11.09942284	14	4.299779752	2.105064446	0.430134801	0.094442318	1.090041838	0.360523051	-2.554667758	1.027053263	-2.275328336	-2.66799725	
1993	10.04101003	15	1.030586815	0.210583223	0.046236593	0.533657175	0.176503053	-1.250701333	0.502819547	-1.113943751	-1.306184613	0.065457423	
1994	9.233266547	16	0.043029168	0.009447676	0.109043941	0.036065454	-0.255559952	0.102742786	-0.227615822	-0.266897035	0.013375132	0.053790642	
1995	9.071377111	17	0.002074374	0.023942175	0.007918692	-0.056111884	0.022558665	-0.049976346	-0.058601105	0.002936704	0.011810514		
1996	9.551510129	18	0.276337691	0.09139659	-0.6476366	0.260369389	-0.576820959	-0.676366883	0.033895081	0.136315522			
1997	9.19969592	19	0.030228727	-0.214200881	0.086115196	-0.190779147	-0.223703204	0.01121054	0.045085323				
1998	7.793830073	20	1.517828291	-0.610212617	1.351861787	1.585161786	-0.079437932	-0.319474773					
1999	9.521133563	21	0.245323823	-0.543489092	-0.637282707	0.031936438	0.128438466						
2000	7.928542954	22	1.204042843	1.41183272	-0.070751814	-0.284541895							
2001	7.739176339	23	1.655482312	-0.082961937	-0.333647228								
2002	9.090310564	24	0.004157509	0.016720215									
2003	9.285145387	25	0.067243529										
Media	9.0258	Suma	20.36383099	8.718276083	3.624631057	2.99773415	-2.771508848	-1.398513396	0.472806809	1.083556527	-5.125476533	-7.226353266	
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
			Rk	0.428125537	0.177993574	0.147208752	-0.13609958	-0.068676341	0.02321797	0.053209857	-0.251695103	-0.354862171	

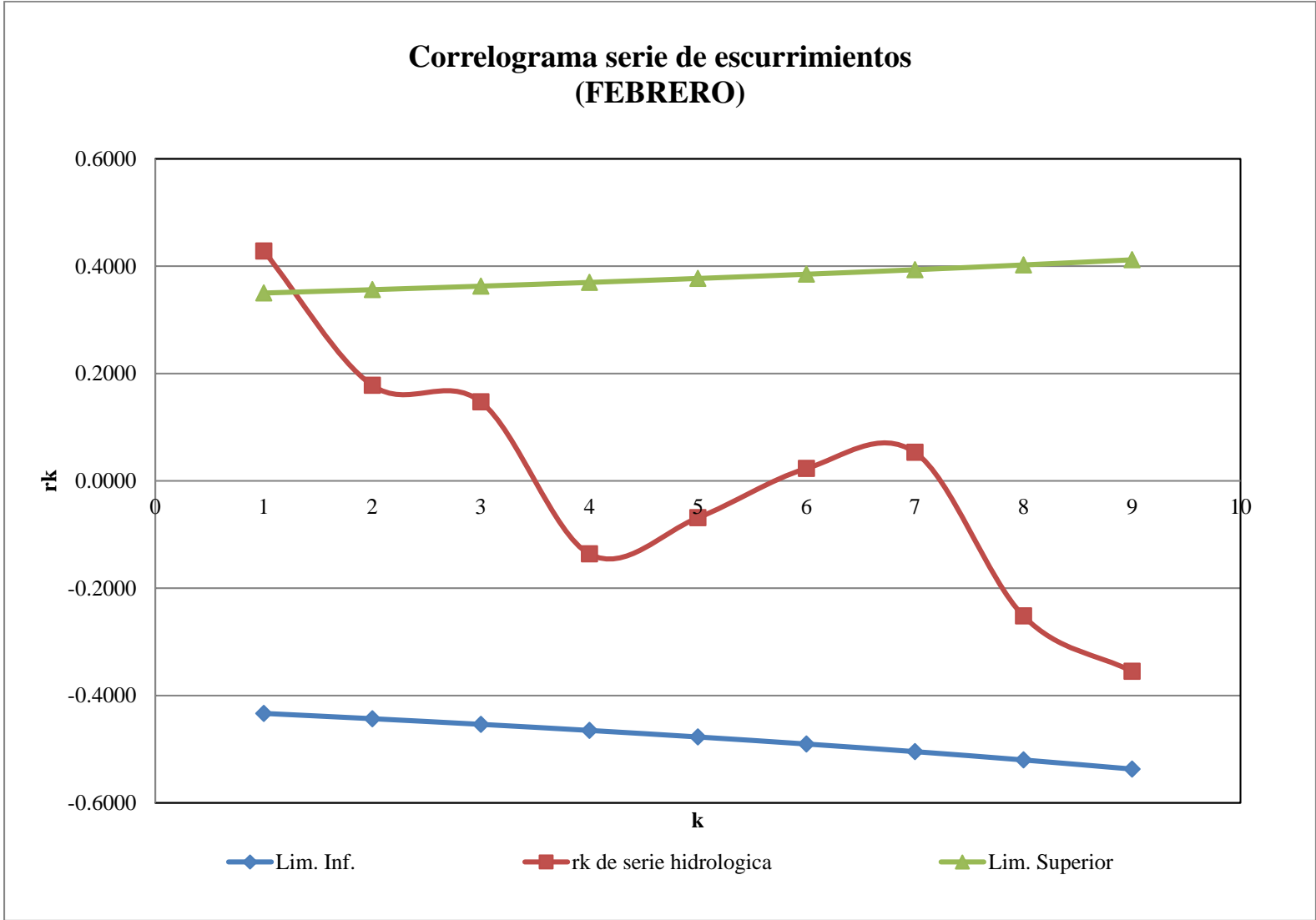


Figura 19. Correlograma para el mes de febrero.

Mes: Marzo

Tabla 27. Cálculo del correlograma para el mes de marzo.

Estación:		Prueba de Anderson												
hp máx. mensuales en 24 h.		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)^2$	$(Xt-k-Xm)(Xt-Xm)$	$(Xt-k-Xm)^3$	$(Xt-k-Xm)^4$	$(Xt-k-Xm)^5$	$(Xt-k-Xm)^6$	$(Xt-k-Xm)^7$	$(Xt-k-Xm)^8$	$(Xt-k-Xm)^9$
ejempl. Mes:	MARZO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9			
Año	esc (Mm3)													
1979	9.606655749	1	0.09088466	-0.546057438	-0.562401588	-0.247636749	-0.094938535	0.070273068	0.136719621	0.169153754	0.163933464	-0.486328426		
1980	7.493873887	2	3.28084766	3.379047345	1.487862616	0.570414118	-0.422217911	-0.821445177	-1.01631744	-0.984952653	2.92198104	-0.730408199		
1981	7.439659187	3	3.480186263	1.532396119	0.587487293	-0.434855396	-0.846032011	-1.046737034	-1.014433461	3.009439419	-0.752270188	-1.146146649		
1982	8.483756359	4	0.674744881	0.25868249	-0.191475591	-0.372524937	-0.460899402	-0.446675488	1.3251168	-0.331239718	-0.504671458	-0.462084043		
1983	8.990267103	5	0.099173232	-0.073407571	-0.142817947	-0.176698791	-0.171245653	0.508020917	-0.126990093	-0.193480044	-0.177152957	-0.260341294		
1984	9.538285643	6	0.054335947	0.105713188	0.130791634	0.126755246	-0.37603475	0.093997483	0.14321304	0.131127805	0.19270343	0.226642818		
1985	9.758693546	7	0.205670073	0.254461391	0.246608404	-0.731593625	0.182876608	0.278627832	0.255115428	0.374913757	0.440944463	0.207752253		
1986	9.866279852	8	0.314827522	0.305111563	-0.905150315	0.226260609	0.344726993	0.315636717	0.463854924	0.545550161	0.257037528	0.325950083		
1987	9.848963783	9	0.295695451	-0.877216279	0.219277933	0.3340883	0.305895786	0.449539799	0.528713822	0.249105038	0.315890869	0.246637		
1988	7.69199923	10	2.602368072	-0.65051448	-0.991113304	-0.907476805	-1.333614124	-1.568493428	-0.739000192	-0.937128427	-0.731678458	-0.030737023		
1989	9.708433278	11	0.162609238	0.247748796	0.226842163	0.333363796	0.392076623	0.184728029	0.234254185	0.182897814	0.00768334	-0.621402021		
1990	9.919567573	12	0.377466044	0.345613038	0.507907669	0.59736158	0.281448627	0.356905874	0.278660141	0.011706212	-0.946758034	0.238595016		
1991	9.867722023	13	0.316447992	0.465047161	0.546952378	0.257698186	0.326787867	0.255145011	0.010718367	-0.866864517	0.218460838	0.197094311		
1992	10.1318809	14	0.683426242	0.803792903	0.378709339	0.480242483	0.374957231	0.015751549	-1.273930923	0.321046728	0.289646805	-0.303285473		
1993	10.27748057	15	0.945358829	0.445408532	0.564823936	0.440995594	0.018525749	-1.498298679	0.377590245	0.340660092	-0.356700835	0.303421237		
1994	9.763284813	16	0.209855512	0.266118423	0.207776343	0.00872846	-0.705927734	0.17790273	0.160502982	-0.168060625	0.142957789	0.13729029		
1995	9.88610281	17	0.337465594	0.263481822	0.011068587	-0.895189141	0.225599002	0.203534328	-0.213118198	0.181285214	0.174098241			
1996	9.758746133	18	0.205717774	0.008641982	-0.69893367	0.176140137	0.15891278	-0.166395544	0.141541417	0.13593007				
1997	9.324238538	19	0.00036304	-0.02936145	0.007399457	0.006675755	-0.006990097	0.005946002	0.005710276					
1998	7.76419409	20	2.374652738	-0.598442567	-0.539911989	0.565334954	-0.480892149	-0.461827391						
1999	9.693534128	21	0.150815107	0.13606466	-0.142471569	0.121190913	0.116386352							
2000	9.655551696	22	0.122756878	-0.12853716	0.109337855	0.105003204								
2001	8.93832034	23	0.13458962	-0.114486273	-0.109947515									
2002	9.617251767	24	0.097385717	0.093524903										
2003	9.604880014	25	0.089817149											
Media	9.3052	Suma	17.30746123	5.892831099	0.948622121	0.584277891	-2.170598748	-3.0938634	-0.322079058	2.17109008	1.656105877	-2.157350119		
N	25		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9			
			Rk	0.340479231	0.05481001	0.033758729	-0.125414046	-0.178758939	-0.018609261	0.125442435	0.095687395	-0.12464856		

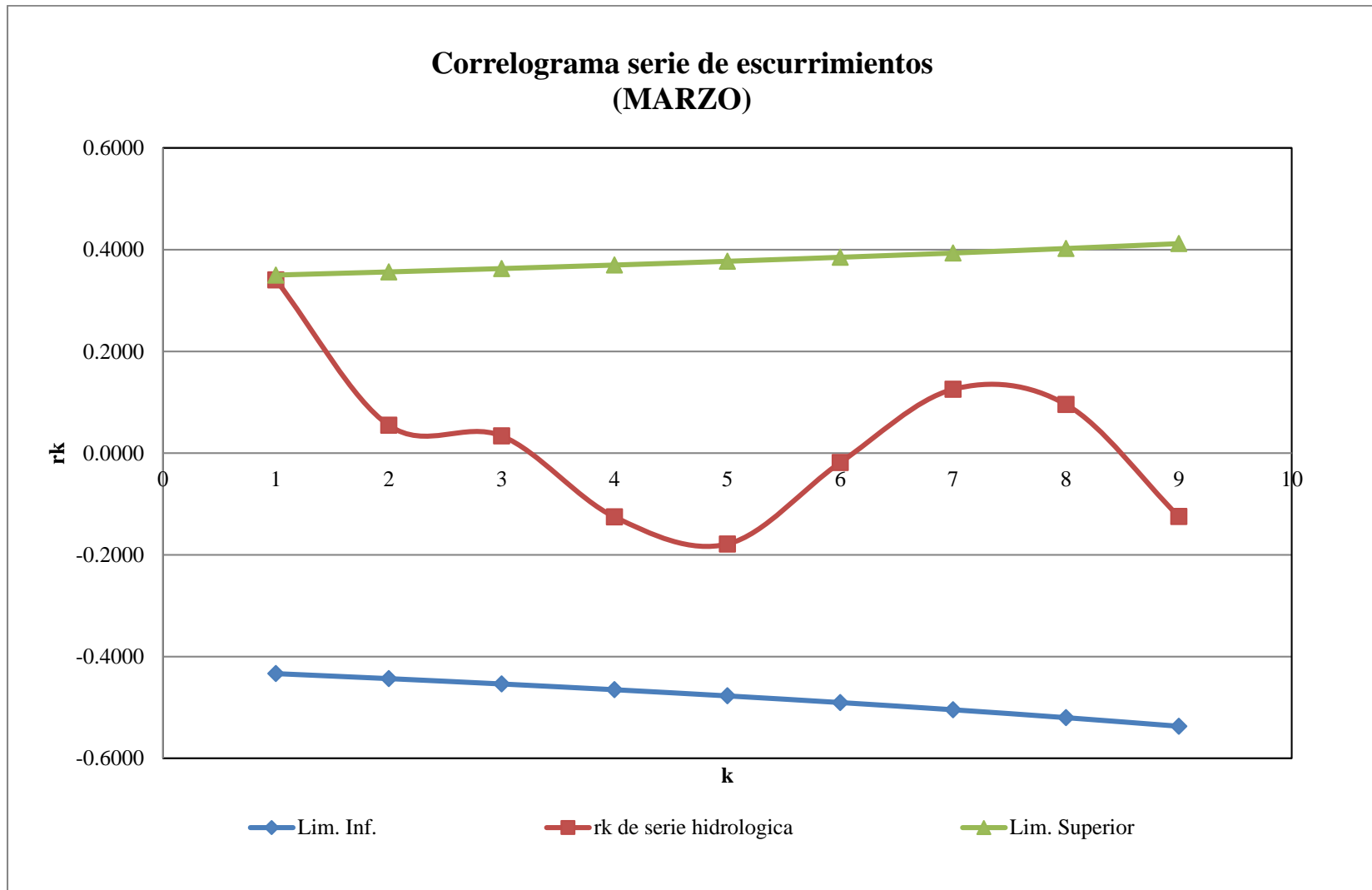


Figura 20. Correlograma para el mes de marzo.

Mes: Abril

Tabla 28. Cálculo del correlograma para el mes de abril.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		Rk=25/3=8.3333	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$
ejempl. Mes: ABRIL		N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	9.678805318	1	0.051078106	-0.272533158	-0.075668181	0.005417922	-0.210378416	0.016304024	0.041798438	0.116801524	0.078415714	-0.003309178
1980	8.246926586	2	1.454132283	0.403736359	-0.028907951	1.122498447	-0.08699201	-0.223020418	-0.623208083	-0.418396139	0.017656504	-0.393420537
1981	9.1179926	3	0.112096437	-0.008026224	0.311659016	-0.024153124	-0.061921087	-0.173032238	-0.11616669	0.004902286	-0.109232274	0.856788185
1982	9.476773271	4	0.000574686	-0.022315116	0.001729389	0.004433615	0.012389291	0.008317658	-0.000351009	0.007821146	-0.061346941	0.002567675
1983	8.521941898	5	0.866498034	-0.067152347	-0.172157702	-0.48107735	-0.322975442	0.013629708	-0.303695852	2.382107495	-0.099703042	-0.534338384
1984	9.524940871	6	0.00520421	0.013341974	0.037282801	0.025030131	-0.001056283	0.023535399	-0.184609894	0.007726842	0.041410454	0.059879781
1985	9.63774569	7	0.034204664	0.095581488	0.064169459	-0.00270798	0.060338948	-0.473282266	0.019809216	0.106163505	0.153513108	0.06749283
1986	9.969610911	8	0.267092836	0.179315086	-0.007567177	0.16861111	-1.322539599	0.055354858	0.296663217	0.42897691	0.188601912	0.147608608
1987	9.799765694	9	0.120384735	-0.00508029	0.113198528	-0.887898403	0.037162963	0.199167418	0.287997361	0.126619525	0.099098316	0.087678865
1988	9.43815858	10	0.00021439	-0.004777029	0.03746971	-0.001568294	-0.008404954	-0.012153618	-0.005343401	-0.004181993	-0.003700087	-0.000849877
1989	9.779054077	11	0.106441292	-0.834896487	0.034944569	0.187278383	0.270805741	0.119061141	0.093182774	0.082444992	0.018936885	-0.140391386
1990	6.893757769	12	6.548700515	-0.274095676	-1.468960599	-2.124126428	-0.933883143	-0.730900284	-0.646676046	-0.148535766	1.101191773	-0.886157672
1991	9.559909328	13	0.011472267	0.061483305	0.088905252	0.039087653	0.030591811	0.027066608	0.00621696	-0.046090351	0.037090104	0.029127509
1992	10.02682801	14	0.329507394	0.476469801	0.209482406	0.163950652	0.145058036	0.033318547	-0.247011957	0.198776949	0.156103021	0.172548158
1993	10.28284788	15	0.688978382	0.3029129	0.237073692	0.209754848	0.048178833	-0.35718087	0.28743274	0.225725967	0.249505741	0.187619477
1994	9.817735201	16	0.133177219	0.104230672	0.092219801	0.021182072	-0.157036412	0.126371287	0.099241586	0.109696486	0.082487871	0.058796442
1995	9.738415366	17	0.081575761	0.072175496	0.016578073	-0.122903983	0.098904033	0.077671071	0.08585356	0.064558836	0.046016824	
1996	9.705502968	18	0.063858457	0.014667722	-0.108741321	0.08750697	0.068720757	0.07596035	0.057119492	0.040714142		
1997	9.510844144	19	0.003369046	-0.024976919	0.020099577	0.01578455	0.01744742	0.013119842	0.009351678			
1998	9.022486741	20	0.185170068	-0.149011172	-0.117021084	-0.129349019	-0.097265879	-0.069330042				
1999	9.799085466	21	0.119913167	0.094169912	0.104090521	0.078272384	0.055791689					
2000	9.724744186	22	0.073953282	0.08174411	0.061468675	0.043814191						
2001	9.753392886	23	0.090355686	0.067944275	0.048429927							
2002	9.678835364	24	0.051091687	0.036417589								
2003	9.613915696	25	0.025958055									
Media	9.4528	Suma	11.42500266	0.341326271	-0.500222621	-1.601161653	-2.357063703	-1.250021235	-0.842395909	3.285832357	1.996045883	-0.288359506
N	25		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
		Rk	0.029875378	-0.043783151	-0.140145407	-0.206307497	-0.109411024	-0.073732666	0.287600139	0.174708571	-0.025239338	

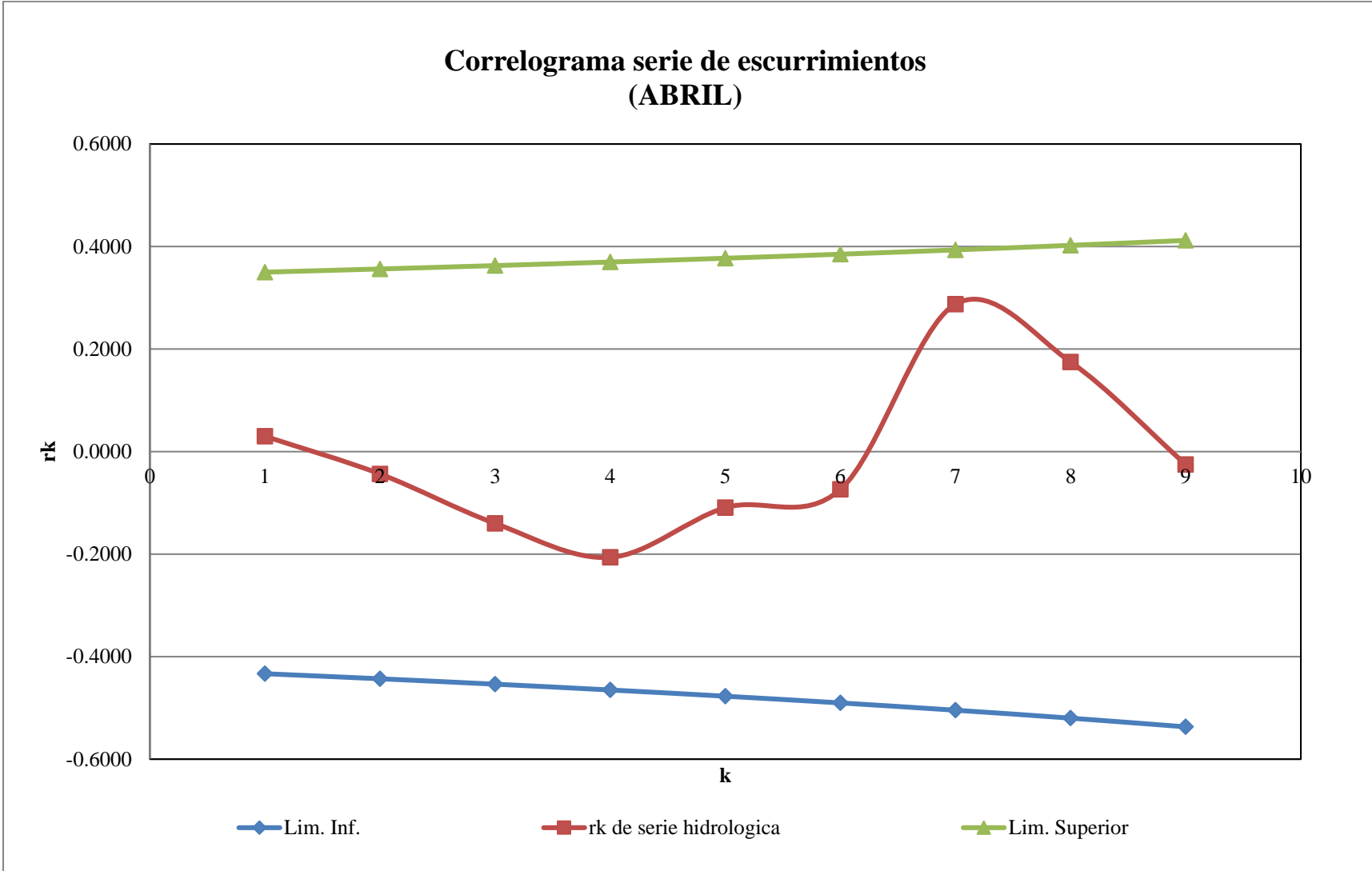


Figura 21. Correlograma para el mes de abril.

Mes: Mayo

Tabla 29. Cálculo del correlograma para el mes de mayo

Estación:		Prueba de Anderson										
ejempl. Mes:	MAYO	N	$K=1$	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$	$k=6$	$k=7$	$k=8$	$k=9$	
hp máx. mensuales en 24 h.		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)$
Año	esc (Mm3)											
1979	9.486040699	1	0.003407541	-0.007695215	0.002218534	0.008702261	0.002276217	0.012639475	0.029677998	-0.008482239	0.003589755	-0.013144896
1980	9.676240594	2	0.017378029	-0.005010093	-0.019652231	-0.005140359	-0.028543602	-0.06702153	0.019155358	-0.008106708	0.029684989	-0.077290196
1981	9.506409425	3	0.001444412	0.005665746	0.001481968	0.008229132	0.019322334	-0.005522497	0.002337167	-0.008558194	0.022282794	0.003446114
1982	9.395337513	4	0.02222405	0.00581306	0.032279004	0.075792405	-0.021662153	0.009167604	-0.033569761	0.087404895	0.013517479	0.021440468
1983	9.505421256	5	0.0015205	0.008443096	0.019824729	-0.005666086	0.002397935	-0.008780714	0.022862164	0.003535715	0.005608101	-0.018014146
1984	9.327889603	6	0.046883179	0.110083597	-0.031462885	0.013315356	-0.04875792	0.126949992	0.01963327	0.031140902	-0.100029716	-0.162416481
1985	9.036004842	7	0.258480728	-0.073876123	0.031264993	-0.114485563	0.298083705	0.046099709	0.073120096	-0.234873809	-0.381360452	-0.147783447
1986	9.689723006	8	0.021114462	-0.008935817	0.032721007	-0.085195011	-0.013175713	-0.020898383	0.067129053	0.108996257	0.042237842	0.013027483
1987	9.482919213	9	0.003781712	-0.013847803	0.036055241	0.005576072	0.00884437	-0.028409576	-0.046128127	-0.017875408	-0.00551334	0.020189393
1988	9.769598382	10	0.050707627	-0.132026403	-0.020418355	-0.032386149	0.104029653	0.168911108	0.065455832	0.020188644	-0.073929138	-0.100893179
1989	8.958109095	11	0.343754429	0.05316285	0.084323149	-0.270859865	-0.439790376	-0.170426004	-0.052564757	0.192487776	0.262693495	-0.109608564
1990	9.453740565	12	0.008221824	0.013040876	-0.041889445	-0.068015152	-0.02635699	-0.008129327	0.029768922	0.040626487	-0.016951356	-0.019341805
1991	9.400593722	13	0.020684515	-0.066442073	-0.107880819	-0.041805592	-0.012894164	0.047217357	0.064438858	-0.026887041	-0.030678602	-0.024639063
1992	10.006392	14	0.213422899	0.346530988	0.134286457	0.041418181	-0.151669938	-0.206988241	0.08636561	0.098544732	0.079144735	0.021725987
1993	10.29451899	15	0.56265624	0.218038547	0.067249968	-0.246263798	-0.336083148	0.140230314	0.160005339	0.128505906	0.035276101	-0.133201761
1994	9.835092538	16	0.084493523	0.026060468	-0.095431272	-0.130237747	0.054341553	0.0620047	0.049798152	0.013670069	-0.051617873	0.038450848
1995	9.634069015	17	0.008037871	-0.029434015	-0.040169431	0.01676065	0.019124206	0.015359321	0.004216281	-0.015920581	0.011859455	
1996	9.216108703	18	0.107784921	0.14709712	-0.061376107	-0.070031255	-0.05624456	-0.01543967	0.058299845	-0.043428339		
1997	9.096366198	19	0.200747587	-0.083761704	-0.095573628	-0.076758537	-0.021070953	0.079563442	-0.059267879			
1998	9.731362633	20	0.034949477	0.039877988	0.032027413	0.008791831	-0.033197756	0.024729455				
1999	9.757725671	21	0.04550151	0.03654386	0.010031639	-0.037879244	0.028216758					
2000	9.71573226	22	0.029349658	0.008056762	-0.030422151	0.02266187						
2001	9.591443113	23	0.002211658	-0.008351172	0.0062209							
2002	9.366837155	24	0.031533835	-0.023489978								
2003	9.676694851	25	0.017498001									
Media	9.5444	Suma	2.137790186	0.565544561	-0.054291322	-0.983476602	-0.652810541	0.201256536	0.56073342	0.360969065	-0.154185731	-0.688053246
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.264546336	-0.025396001	-0.460043557	-0.305366984	0.094142324	0.262295816	0.168851493	-0.072123884	-0.321852561

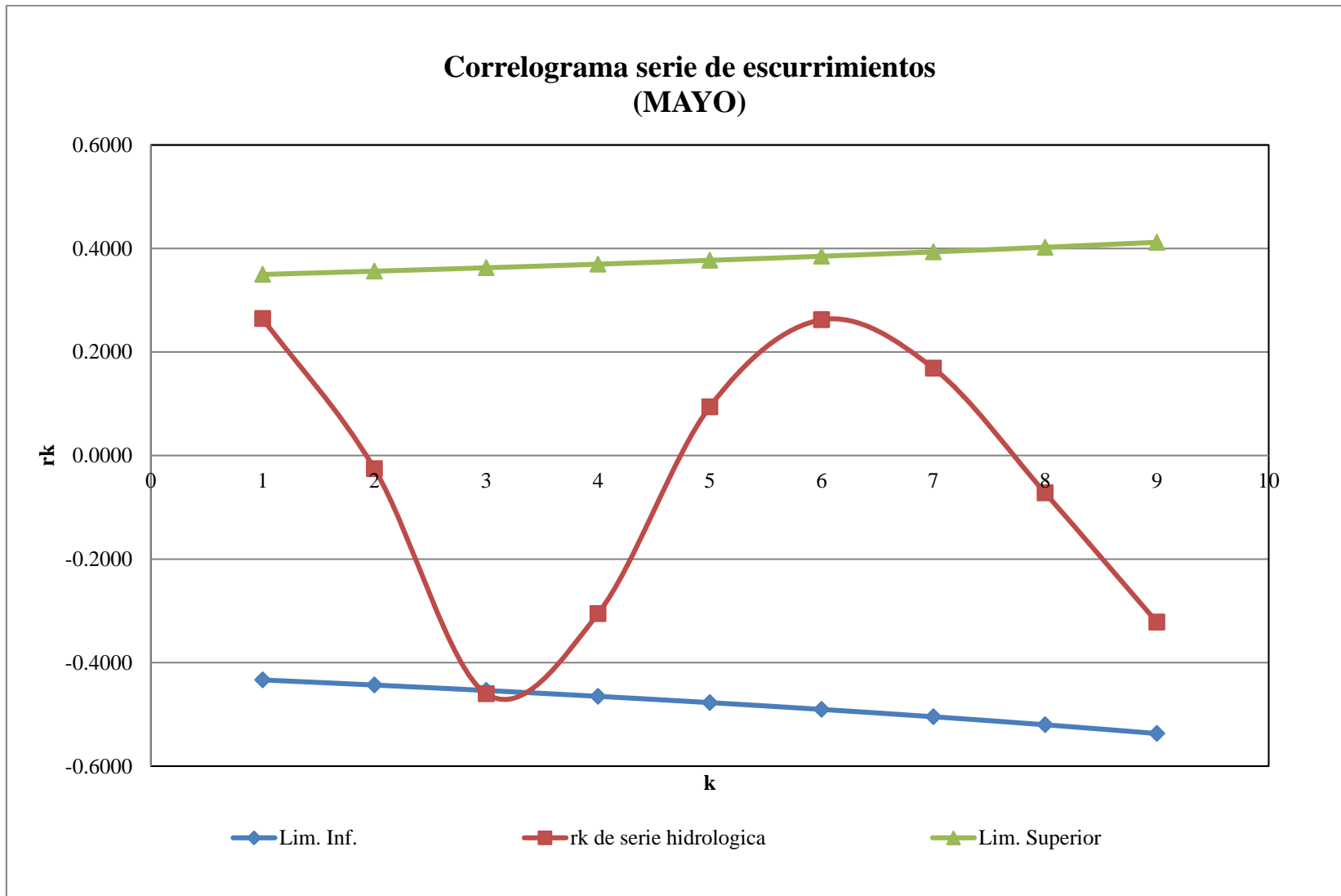


Figura 22. Correlograma para el mes de mayo.

Mes: Junio

Tabla 30. Cálculo del correlograma para el mes de junio

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm/(Xt-k-Xm)$
ejempl. Mes:	JUNIO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	9.432325653	1	0.000350687	-0.001904411	0.014965765	0.000583809	-0.00555211	-0.015601801	-0.007662105	0.026467209	0.00349922	0.012067929
1980	9.311903687	2	0.010341941	-0.081271874	-0.003170385	0.030150836	0.084725876	0.041609208	-0.143730684	-0.01900258	-0.065535116	0.265150321
1981	10.21276917	3	0.638672922	0.024914389	-0.236939569	-0.665816108	-0.326984886	1.129503866	0.149331286	0.515006016	-2.08367694	0.175371289
1982	9.444774346	4	0.000971901	-0.009242923	-0.025973235	-0.012755557	0.044061519	0.005825357	0.02009019	-0.08128345	0.006841168	-0.018361871
1983	9.117117013	5	0.087901581	0.247009347	0.121307253	-0.419031636	-0.055400017	-0.191060712	0.773017767	-0.065060528	0.174624139	-0.068424515
1984	8.58046466	6	0.694112862	0.340881533	-1.177507051	-0.155677769	-0.536893438	2.172231863	-0.182824455	0.490705564	-0.192277484	-0.82899572
1985	9.00443488	7	0.16740825	-0.578278303	-0.076453959	-0.263670461	1.066791536	-0.089785803	0.240987416	-0.094428222	-0.40712303	-0.32254225
1986	10.82694494	8	1.997546695	0.264094905	0.910796851	-3.685017917	0.310147091	-0.83244281	0.3261834	1.406325049	1.114157667	-0.57377759
1987	9.600456959	9	0.034915889	0.120416112	-0.487194847	0.041004431	-0.110056954	0.043124586	0.185929711	0.14730237	-0.075858921	-0.021339136
1988	10.05802501	10	0.415284862	-1.680212394	0.141413963	-0.379558732	0.148725841	0.641224773	0.508008798	-0.261618326	-0.07359331	0.215790801
1989	6.806298246	11	6.798017329	-0.572150623	1.535667064	-0.601733954	-2.594348866	-2.055366704	1.058488747	0.29775319	-0.87307391	0.43520805
1990	9.633040762	12	0.048154678	-0.129248401	0.050644539	0.218351653	0.172988576	-0.089087004	-0.0250602	0.073481687	-0.036628997	0.018195405
1991	8.824611713	13	0.346906049	-0.135931253	-0.586061481	-0.464305811	0.239111822	0.067262224	-0.197226748	0.098313175	-0.048836937	-0.305820355
1992	9.644387106	14	0.05326314	0.229641633	0.181933036	-0.093693291	-0.02635595	0.077281094	-0.038522918	0.019136207	0.119832284	-0.083086722
1993	10.40863147	15	0.990089567	0.784396099	-0.40395441	-0.113632492	0.333193959	-0.166089825	0.082504896	0.516651499	-0.358224664	-0.249061779
1994	10.2019111	16	0.62143594	-0.320031918	-0.090025071	0.26397212	-0.131584268	0.065364307	0.409315918	-0.283802636	-0.197318601	-0.10257348
1995	9.007627927	17	0.164812529	0.046361812	-0.135942417	0.067764291	-0.03366182	-0.210792698	0.146154891	0.101616669	0.052824089	
1996	9.299399235	18	0.013041591	-0.038240641	0.019062115	-0.00946908	-0.059296047	0.041113413	0.028584798	0.014859432		
1997	9.748456402	19	0.112129466	-0.055894061	0.027765299	0.173868268	-0.120553027	-0.083816538	-0.043570925			
1998	9.246680016	20	0.027861954	-0.013840388	-0.086669489	0.06009302	0.041780692	0.021719143				
1999	9.49651581	21	0.006875194	0.043052951	-0.029851126	-0.020754502	-0.010788955					
2000	9.932829826	22	0.26960063	-0.186929865	-0.129966162	-0.0675612						
2001	9.053585972	23	0.129609395	0.090113132	0.046844127							
2002	9.163293837	24	0.062652685	0.032569174								
2003	9.283481162	25	0.016930657									
Media	9.4136	Suma	13.70888839	-1.579725967	-0.41930919	-6.096890082	-1.569994924	0.57221594	3.289999781	2.902422325	-2.940369343	-1.452199623
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	-0.115233703	-0.030586666	-0.444739931	-0.114520549	0.041740506	0.239990267	0.211718284	-0.214486343	-0.105931246

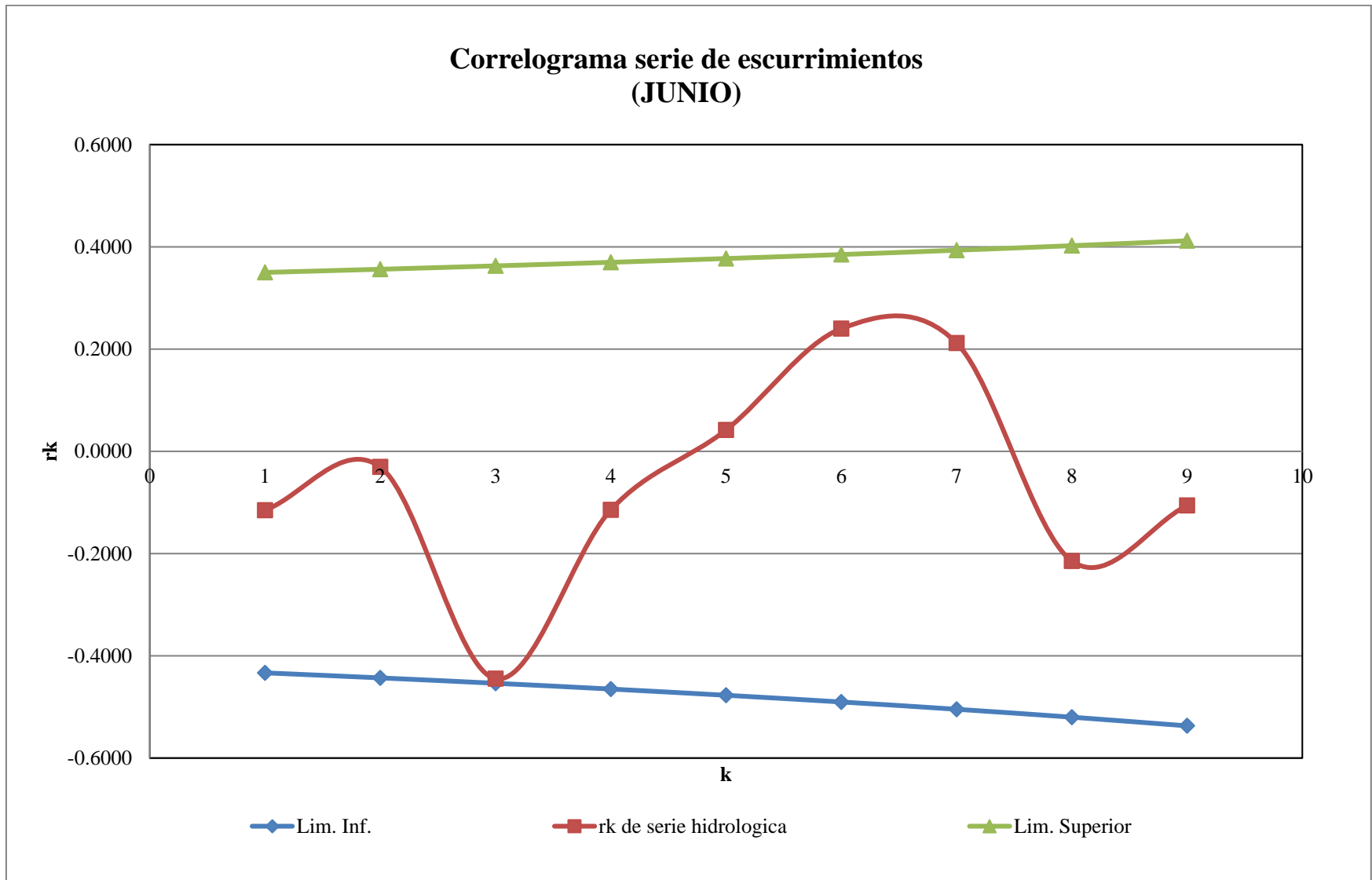


Figura 23. Correlograma para el mes de junio.

Mes: Julio

Tabla 31. Cálculo del correlograma para el mes de julio.

Estación:		Prueba de Anderson											
hp máx. mensuales en 24 h.		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-Xm$	$Xt-k-Xm$
ejempl. Mes: JULIO		N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9		
Año	esc (Mm3)												
1979	10.03132168	1	0.004848305	-0.049593427	0.010225242	-0.039851377	0.151763841	0.15499847	0.053654189	0.031392863	-0.054788826	-0.043074037	
1980	10.81319607	2	2.273666372	-0.104594252	0.40764072	-1.552396076	-1.585483182	-0.54883002	-0.321118372	0.56043626	0.440605389	0.270579149	
1981	9.954099865	3	0.420905044	-0.084047931	0.320075184	0.32689713	0.113158538	0.066208633	-0.115551528	-0.090844633	-0.055788386	-0.08793777	
1982	10.67328392	4	1.871303633	-1.24744597	-1.2740335	-0.441018763	-0.258038412	0.450345092	0.354053599	0.217427031	0.342724531	0.54417376	
1983	7.92136871	5	1.915343081	4.851832782	1.679507871	0.982673711	-1.715024826	-1.348323146	-0.828015587	-1.305179269	-2.072347461	1.501451249	
1984	7.874914015	6	2.046083924	1.715304184	1.003617998	-1.751578132	-1.377060729	-0.845663557	-1.332997302	-2.116516589	1.533452539	-2.644743261	
1985	9.330387509	7	0.000627983	0.347411876	-0.60632536	-0.476682614	-0.29273445	-0.461429642	-0.732652264	0.53081912	-0.915502929	0.580301242	
1986	9.6500974	8	0.118865998	-0.354758678	-0.278905197	-0.171277821	-0.26998074	-0.428672072	0.310580262	-0.535657306	0.339532064	-0.539175818	
1987	10.88781069	9	2.50425175	0.486763135	0.298924975	0.471187605	0.748145836	-0.542044479	0.934863289	-0.592573011	0.941004022	-0.201442801	
1988	10.71956671	10	2.000071378	0.235009696	0.370439625	0.588179443	-0.426146086	0.734973507	-0.465870752	0.739801246	-0.15837088	-0.140209276	
1989	10.48084783	11	1.381847069	0.227489815	0.361205508	-0.261699581	0.451352869	-0.286094803	0.45431762	-0.097256772	-0.086103592	-0.113638245	
1990	10.69977215	12	1.944474739	0.569358776	-0.41251019	0.711455698	-0.45096374	0.716128958	-0.153303301	-0.135722836	-0.179124987	0.12907361	
1991	11.05175154	13	3.049995476	-0.654978565	1.129640536	-0.716034635	1.13706068	-0.243413081	-0.215499036	-0.284412433	0.204941478	-0.464287389	
1992	9.412080495	14	0.011396114	-0.818443926	0.518779363	-0.823819948	0.176356948	0.156132744	0.206061682	-0.148483613	0.33638417	-0.114215619	
1993	11.28904614	15	3.935138011	-0.894737979	1.420841012	-0.30416256	-0.269281907	-0.355394269	0.256089461	-0.580161266	0.196987504	0.663951477	
1994	9.347865031	16	0.001809406	-0.900615145	0.192796665	0.170687193	0.225270427	-0.162325021	0.367741372	-0.124862619	-0.420852686	-0.460761436	
1995	11.29685025	17	3.966161209	-0.306160479	-0.271050709	-0.357728708	0.257771608	-0.583972107	0.198281434	0.668312702	0.731687667		
1996	9.844942766	18	0.291184188	0.058024421	0.076579771	-0.055181735	0.125012193	-0.042446543	-0.14306717	-0.156633988			
1997	9.874301246	19	0.323730652	0.067797782	-0.048853622	0.110676086	-0.037578872	-0.12666056	-0.138671567				
1998	9.801821869	20	0.246506247	-0.064476286	0.146068658	-0.049596038	-0.16716473	-0.183016679					
1999	10.31649779	21	1.022464519	-0.105253931	0.035737838	0.120455307	0.13187788						
2000	9.612639139	22	0.094440189	-0.080962759	-0.272887072	-0.298764492							
2001	10.26675263	23	0.924337491	0.092655864	0.101442263								
2002	10.65978862	24	1.834563814	0.341913771									
2003	10.71278221	25	1.980927593										
Media	10.1010	Suma	34.16494419	3.327492771	4.908957579	-3.817580308	-3.331686855	-3.879498575	-1.311103972	-3.420115112	1.124439617	-1.119955164	
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
			Rk	0.097394942	0.143684051	-0.111739691	-0.097517702	-0.113552024	-0.038375709	-0.100105977	0.032912087	-0.032780828	

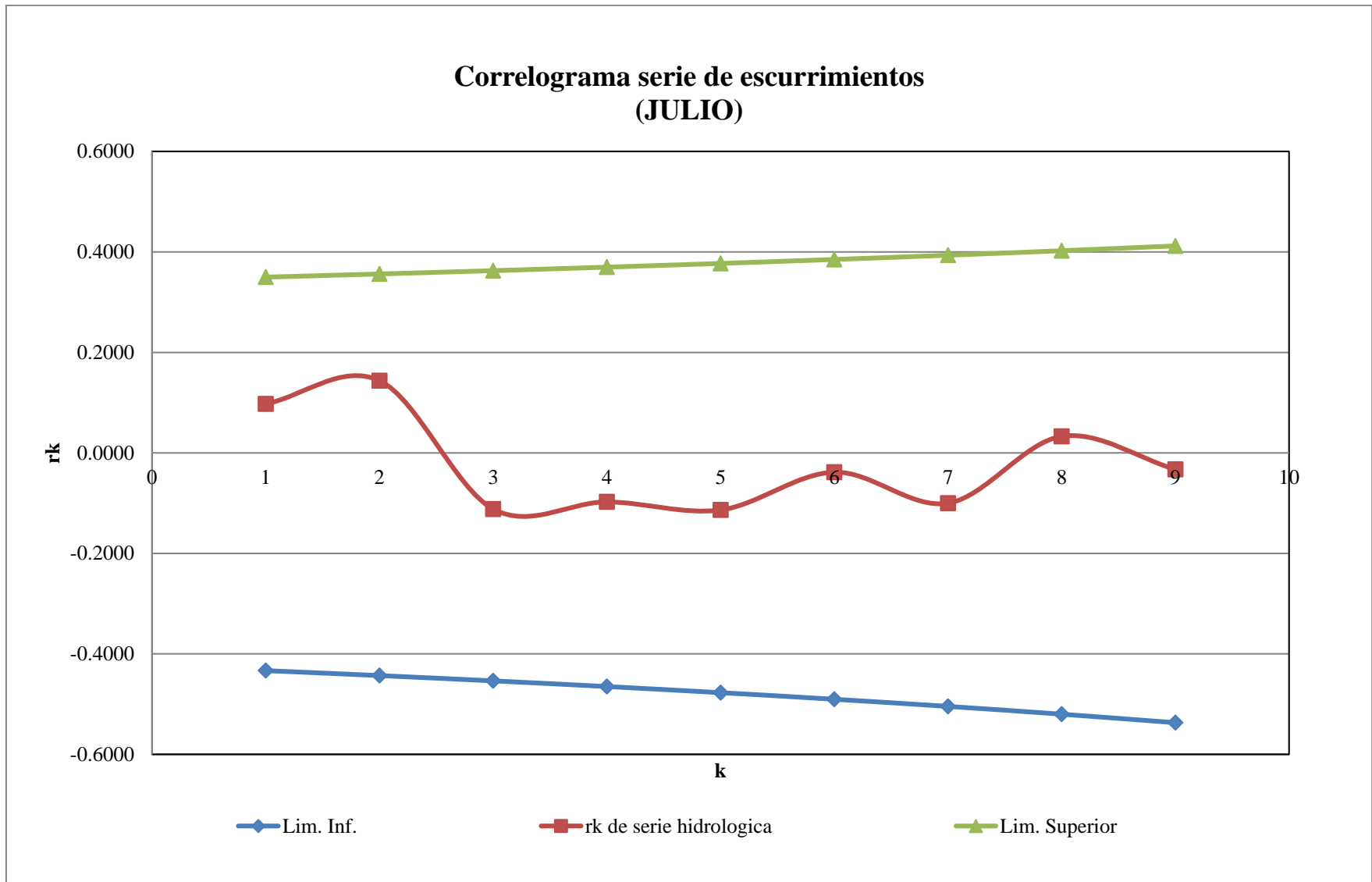


Figura 24. Correlograma para el mes de julio.

Mes: Agosto

Tabla 32. Cálculo del correlograma para el mes de agosto.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$	$Xt-k-Xm$
ejempl. Mes:	AGOSTO	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	9.926486048	1	0.022277898	0.009478749	0.109719834	0.059335425	-0.150059272	-0.351724218	-0.257253938	0.121723259	0.025239987	0.102565284
1980	9.840734104	2	0.004032997	0.046683346	0.025245902	-0.063846878	-0.149650821	-0.109455821	0.051790536	0.010739052	0.043639244	-0.144763046
1981	10.51233096	3	0.540376031	0.29223013	-0.739049913	-1.732260521	-1.266989357	0.59949354	0.124308281	0.505139492	-1.675682827	0.377582082
1982	10.17476467	4	0.158035227	-0.399671042	-0.93678973	-0.685175586	0.324200306	0.067224716	0.27317455	-0.90619306	0.204192737	0.030998813
1983	8.771858665	5	1.010767951	2.369140956	1.732808859	-0.819902481	-0.170011287	-0.690858357	2.291761986	-0.516403372	-0.078395988	2.324324635
1984	7.420740569	6	5.553034071	4.061534037	-1.921771012	-0.398489785	-1.61930424	5.371665355	-1.210398862	-0.183752509	5.44798901	0.520467174
1985	8.053674092	7	2.970638848	-1.405598863	-0.291458652	-1.184372219	3.928879491	-0.885295518	-0.134398071	3.98470323	0.380673901	-0.625788238
1986	10.5927517	8	0.665078545	0.137907693	0.560402099	-1.859003678	0.418889821	0.063592306	-1.885417452	-0.180121122	0.296100361	0.182816442
1987	9.946331502	9	0.028595918	0.116202456	-0.385474633	0.086859107	0.013186214	-0.390951674	-0.037349105	0.061398038	0.037907994	0.033853624
1988	10.46439679	10	0.472200636	-1.566415832	0.352960919	0.053583539	-1.588672353	-0.15177193	0.249497243	0.154043036	0.137567686	-0.158632369
1989	7.497706267	11	5.196220357	-1.170865791	-0.177750933	5.27005119	0.503468095	-0.827649101	-0.511001958	-0.456348816	0.526226006	-1.722549501
1990	10.29087355	12	0.263831517	0.040052668	-1.187502114	-0.113446607	0.186494404	0.115144215	0.102829207	-0.118574654	0.388142562	0.626423976
1991	9.855205509	13	0.006080457	-0.180276518	-0.017222504	0.028312002	0.01748022	0.01561066	-0.018001	0.058924518	0.095098385	0.015962297
1992	7.465317531	14	5.344931054	0.510621654	-0.839408807	-0.518262563	-0.462832878	0.533702922	-1.747024457	-2.819525895	-0.473258413	-0.918207566
1993	9.556362576	15	0.048781635	-0.080191926	-0.0495116	-0.04421619	0.050986676	-0.166899911	-0.269360065	-0.045212182	-0.087719872	-0.317478077
1994	10.14030834	16	0.131827172	0.081391912	0.072686811	-0.083816784	0.274366068	0.442799887	0.074324117	0.144202331	0.521900887	0.623688098
1995	10.00139889	17	0.050252488	0.044877839	-0.051749637	0.16939739	0.273390751	0.045888734	0.089032506	0.322228798	0.385073625	
1996	9.977423188	18	0.040078024	-0.046214864	0.151279848	0.244150817	0.0409808	0.079510221	0.287765493	0.343888883		
1997	9.546378943	19	0.053291391	-0.174444169	-0.281535757	-0.047255876	-0.091685011	-0.331828814	-0.396545948			
1998	10.53289083	20	0.571025972	0.921579838	0.1546875	0.300121939	1.086209254	1.298054478				
1999	10.99679345	21	1.487339348	0.249650432	0.484367335	1.753035057	2.094932444					
2000	9.981932677	22	0.041903913	0.081301227	0.294247551	0.351635147						
2001	10.17439217	23	0.157739197	0.570893871	0.682236267							
2002	11.21465446	24	2.066194183	2.469167524								
2003	11.49499813	25	2.950733435									
Media	9.7772	Suma	29.83526827	6.979035326	-2.258582368	0.766432445	3.714259326	4.726251689	-2.922266937	0.480859029	6.174695286	0.951263628
N	25		Rk	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
				0.233918973	-0.075701762	0.025688807	0.124492238	0.15841157	-0.097946729	0.016117134	0.206959603	0.031883864

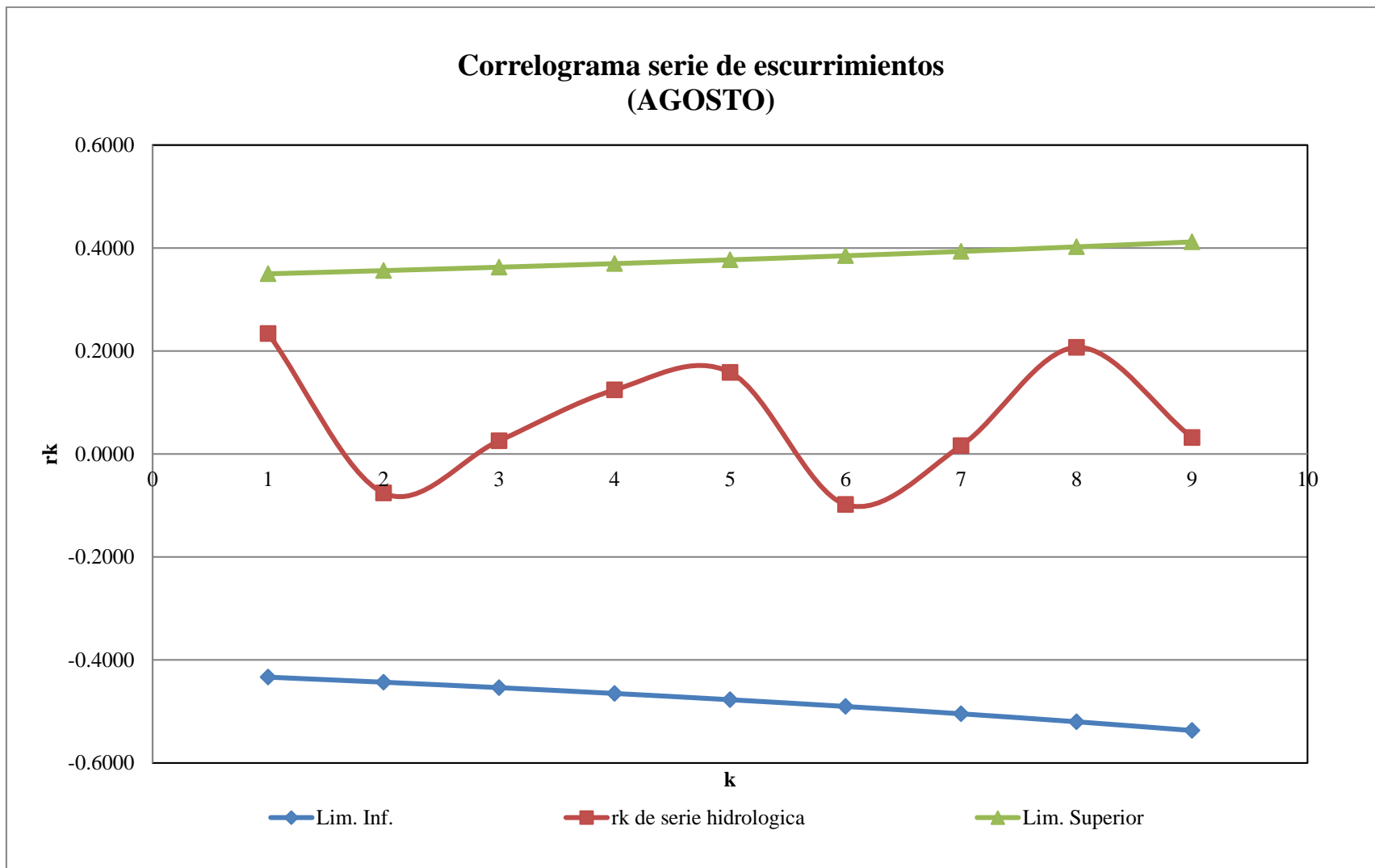


Figura 25. Correlograma para el mes de agosto.

Mes: Septiembre

Tabla 33. Cálculo del correlograma para el mes de septiembre.

Estación:		Prueba de Anderson											
hp máx. mensuales en 24 h.		Rk=25/3=8.3333	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$
ejempl. Mes:	SEPTIEMBRE	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9		
Año	esc (Mm3)												
1979	10.35846923	1	0.027364005	0.005848942	-0.002821542	-0.158903173	-0.294924047	-0.250425281	-0.207573639	0.145561915	0.105337287	0.035604971	
1980	10.22840652	2	0.001250187	-0.000603093	-0.033964891	-0.063038786	-0.05352736	-0.044368	0.031113253	0.022515406	0.007610414	-0.116148617	
1981	10.17599177	3	0.000290933	0.016384735	0.030410043	0.025821711	0.021403217	-0.015009099	-0.010861479	-0.00367128	0.056030338	-0.033066229	
1982	9.232448183	4	0.92275304	1.712628233	1.45422325	1.205383139	-0.845280156	-0.611695158	-0.206758583	3.155508113	-1.862218894	-0.894975171	
1983	8.410175748	5	3.178635383	2.699036129	2.237189265	-1.568838678	-1.135305278	-0.383743615	5.856618237	-3.456275422	-1.66107255	0.580510143	
1984	8.679179379	6	2.291799829	1.8996374	-1.332128968	-0.964008008	-0.325843564	4.972959246	-2.93478525	-1.410446397	0.49292154	-0.680649865	
1985	8.938225828	7	1.574580033	-1.10418108	-0.799051314	-0.270086686	4.122008934	-2.432598061	-1.169097184	0.408575034	-0.564180136	-0.154343053	
1986	11.07299841	8	0.774311773	0.560338201	0.18939946	-2.890576649	1.705869944	0.819834473	-0.286515015	0.395633768	0.108233736	0.804984996	
1987	10.82983277	9	0.405494157	0.13706075	-2.091793739	1.234469279	0.593281143	-0.207339361	0.286304201	0.078324389	0.582535175	-0.054883932	
1988	10.40828746	10	0.046327793	-0.707045503	0.417261958	0.200534477	-0.070082609	0.096773451	0.026474363	0.196902241	-0.018551273	-0.09411493	
1989	6.908115214	11	10.79078694	-6.368168484	-3.060517051	1.06958675	-1.476937032	-0.404046433	-3.005082597	0.283125819	1.436363216	-2.905612162	
1990	12.13164755	12	3.758166116	1.806160045	-0.63121519	0.871612415	0.238447462	1.773445477	-0.167086324	-0.847667831	1.714743132	0.637477969	
1991	11.12473169	13	0.868033506	-0.30335957	0.418893543	0.114596925	0.852311011	-0.080301038	-0.407385869	0.824098892	0.306369437	-0.610802402	
1992	9.867444744	14	0.10601783	-0.146394539	-0.04004923	-0.297864887	0.028063535	0.142372848	-0.288005341	-0.107069716	0.213462675	-0.138371262	
1993	10.64265798	15	0.202148649	0.055301911	0.411306219	-0.038751484	-0.196595303	0.397691682	0.147847034	-0.294759569	0.19106972	0.344751994	
1994	10.31604843	16	0.015128973	0.112521256	-0.010601264	-0.053782679	0.10879672	0.04044659	-0.080637529	0.052271043	0.094313982	0.199657692	
1995	11.10785633	17	0.836873294	-0.078846564	-0.400006981	0.809172175	0.300820237	-0.599739076	0.388764231	0.701457268	1.484947788		
1996	10.10685932	18	0.007428581	0.037686919	-0.076236685	-0.028341975	0.056504809	-0.036627676	-0.066088255	-0.139905326			
1997	9.755790586	19	0.191194516	-0.386766457	-0.14378544	0.286662054	-0.18582073	-0.335281106	-0.709772298				
1998	11.07757552	20	0.782387984	0.290862866	-0.579887274	0.375895851	0.678238519	1.435794928					
1999	10.5218829	21	0.108132038	-0.215580605	0.139744151	0.252143954	0.533775361						
2000	9.537458279	22	0.429798587	-0.27860502	-0.50269418	-1.064176884							
2001	10.61801675	23	0.180597981	0.325857567	0.689823166								
2002	10.95982958	24	0.587953161	1.244665621									
2003	11.81628328	25	2.634891024										
Media	10.1930	Suma	30.72234631	1.314439662	-3.716502694	-0.952491159	4.655204813	4.278144789	-2.802528043	0.004178349	2.687915587	-3.079979858	
N	25		Rk	0.042784482	-0.120970666	-0.031003204	0.151525042	0.13925189	-0.091221159	0.000136004	0.08749057	-0.100252104	

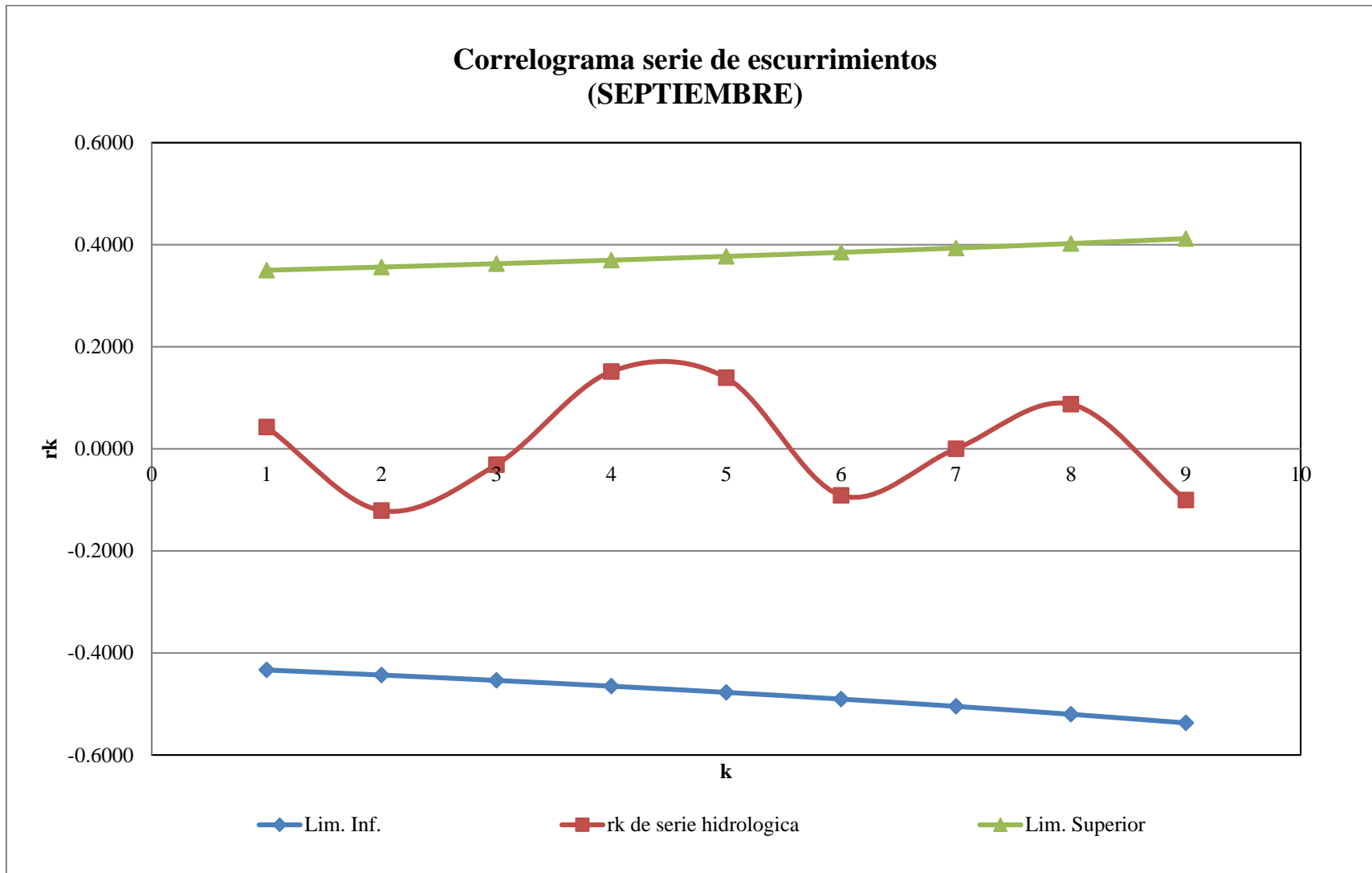


Figura 26. Correlograma para el mes de septiembre.

Mes: Octubre

Tabla 34. Cálculo del correlograma para el mes de octubre.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		Rk=25/3=8.3333	$(Xt - \bar{Xm})^2$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$	$Xt - \bar{Xm} / (Xt - k - \bar{Xm})$
ejempl. Mes:	OCTUBRE	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	7.989011146	1	1.595868035	-0.093103422	0.691476914	0.978790193	3.132170795	2.015087969	0.648566461	-1.978909988	-1.471264729	0.023360171
1980	9.325987796	2	0.005431682	-0.040340972	-0.057102915	-0.182731788	-0.117560839	-0.037837563	0.115450205	0.085834028	-0.001362839	0.015016062
1981	8.704920113	3	0.299611442	0.424101998	1.357144668	0.873121574	0.281018684	-0.857445943	-0.637487293	0.010121776	-0.111523934	-0.46921718
1982	8.47748516	4	0.600319212	1.921047347	1.235909422	0.397783825	-1.213720462	-0.902367524	0.014327442	-0.157862874	-0.664180054	-0.111702813
1983	6.772885849	5	6.147434293	3.954963409	1.272925381	-3.88395778	-2.887614961	0.045848431	-0.505167998	-2.125404795	-0.357453814	-3.242958221
1984	7.657159912	6	2.544433144	0.818938937	-2.498751539	-1.857752514	0.029496674	-0.325000781	-1.36738317	-0.229968583	-2.086363268	-0.835016603
1985	8.738887693	7	0.263579723	-0.804236077	-0.597927233	0.009493657	-0.104603178	-0.440099329	-0.074016575	-0.671506784	-0.268754402	0.188299491
1986	10.81877758	8	2.453890081	1.824399263	-0.028967104	0.319165864	1.34283379	0.225839831	2.048905643	0.820025091	-0.57454057	-0.527891229
1987	10.41692955	9	1.356390287	-0.021536239	0.237290974	0.998359705	0.167905655	1.523304558	0.609665927	-0.42715499	-0.392472497	1.044095324
1988	9.233796122	10	0.000341944	-0.003767614	-0.015851568	-0.002665941	-0.024186439	-0.009680039	0.006782201	0.006231526	-0.016577741	0.007595022
1989	9.456033754	11	0.041512393	0.174656033	0.029373918	0.266491456	0.106656781	-0.074727771	-0.068660313	0.182657159	-0.083683611	0.14585687
1990	10.10951262	12	0.734834295	0.12358555	1.121215555	0.448739497	-0.314403851	-0.288876093	0.768497614	-0.352083958	0.613666924	-0.313126065
1991	9.396457218	13	0.020784806	0.188567739	0.075469692	-0.052876918	-0.048583621	0.129247099	-0.059214016	0.103207438	-0.052662018	0.019937337
1992	10.56024768	14	1.710758916	0.684690015	-0.479719701	-0.440769261	1.172579294	-0.537212285	0.936337492	-0.477770046	0.180879172	-0.172107217
1993	9.775767243	15	0.274030673	-0.191996246	-0.176407271	0.469296595	-0.215006266	0.374746509	-0.191215943	0.072392528	-0.068881765	0.151447318
1994	8.885518407	16	0.134519826	0.123597601	-0.328806931	0.150641516	-0.262561567	0.133973116	-0.050720941	0.048261168	-0.106109715	-0.33810093
1995	8.915297945	17	0.113562197	-0.302109727	0.138410304	-0.2412431	0.123095281	-0.046602697	0.044342642	-0.097494225	-0.310649107	
1996	10.14878273	18	0.803703075	-0.368213192	0.641779473	-0.327470608	0.123977242	-0.117964815	0.25936407	0.826420405		
1997	8.841562482	19	0.168695329	-0.294028573	0.150029285	-0.056799653	0.054045085	-0.118826561	-0.378621042			
1998	9.968164189	20	0.51247893	-0.261494476	0.098999309	-0.094198217	0.207109493	0.659919899				
1999	8.887009015	21	0.133428629	-0.050514803	0.048065027	-0.105678468	-0.336726835					
2000	9.390578927	22	0.019124422	-0.01819696	0.040008858	0.127481561						
2001	9.120703369	23	0.017314476	-0.03806858	-0.121299188							
2002	9.541596887	24	0.083699718	0.266695209								
2003	10.1741229	25	0.849779859									
Media	9.2523	Suma	20.88552739	8.01763622	2.83326533	-2.206778808	1.215920754	1.351326012	2.119752406	-4.363005124	-5.771933969	-4.414512663
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.383884786	0.135656873	-0.10566067	0.058218341	0.064701551	0.101493842	-0.208900884	-0.276360461	-0.211367067

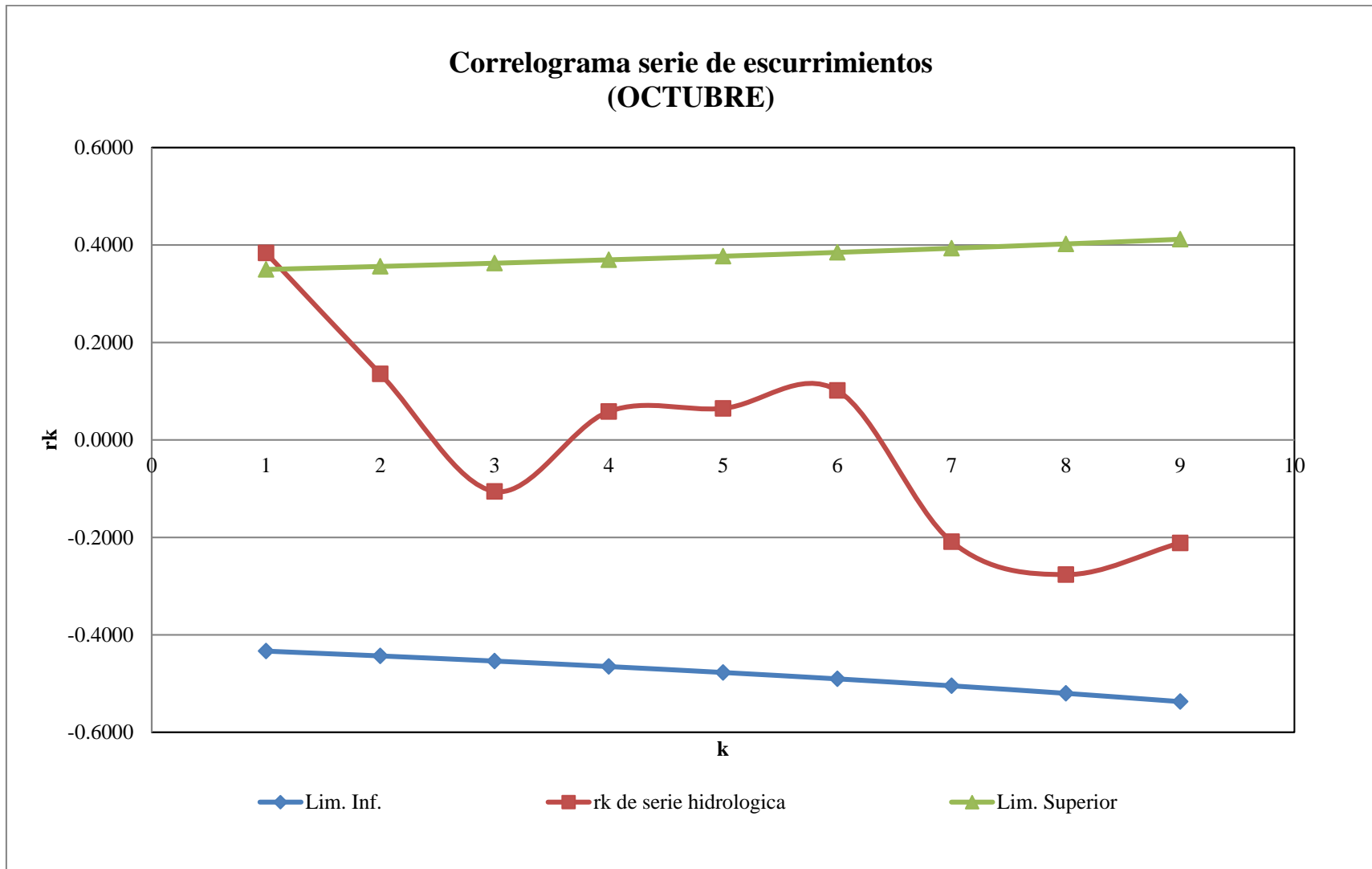


Figura 27. Correlograma para el mes de octubre.

Mes: Noviembre

Tabla 35. Cálculo del correlograma para el mes de noviembre.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h.		$Rk=25/3=8.3333$	$(Xt-Xm)^2$	$Xt-Xm$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)^2$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)^2$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)^2$	$(Xt-k-Xm)$	$(Xt-k-Xm)^2$
ejempl. Mes:	NOVIEMBRE	N		K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9
Año	esc (Mm3)											
1979	8.014018227	1	0.193453637	-0.088872451	0.210972016	0.208154316	0.086617817	-0.1457663	0.193124944	-0.181533685	-0.055126706	-0.002621433
1980	8.655911111	2	0.040827935	-0.096920381	-0.095625932	-0.039792158	0.066964926	-0.08872145	0.083396435	0.025325166	0.001204284	-0.007843109
1981	7.974188669	3	0.230076789	0.227003929	0.094461577	-0.158966307	0.210613558	-0.197972642	-0.060118758	-0.00285882	0.018618554	-0.249063819
1982	7.980594955	4	0.22397211	0.093199967	-0.156843185	0.207800645	-0.195328558	-0.059315824	-0.002820638	0.018369888	-0.245737372	-0.049152116
1983	8.256918742	5	0.038782658	-0.065266071	0.086470647	-0.081280723	-0.024682684	-0.001173732	0.007644135	-0.102256995	-0.020453331	-0.214355372
1984	8.785264218	6	0.109834142	-0.145518632	0.136784679	0.041537684	0.001975236	-0.012864065	0.172084962	0.034420243	0.360731666	0.363975589
1985	8.014765539	7	0.192796809	-0.181225245	-0.055033042	-0.002616979	0.017043526	-0.227994389	-0.045603185	-0.477931336	-0.482229191	0.4889894
1986	8.866584474	8	0.1703482	0.051729987	0.002459909	-0.016020583	0.214310285	0.042866105	0.449246146	0.453286045	-0.459640511	-0.196070364
1987	8.579187228	9	0.015708951	0.000747006	-0.004865003	0.065080043	0.013017238	0.136423498	0.137650303	-0.139579976	-0.059541089	-0.003628112
1988	8.459811929	10	3.55223E-05	-0.000231345	0.003094743	0.000619007	0.006487329	0.006545667	-0.006637429	-0.00283135	-0.000172527	-0.001263413
1989	8.415035984	11	0.001506673	-0.020155045	-0.00403139	-0.042249845	-0.042629782	0.043227395	0.018439652	0.001123613	0.008228197	0.008006668
1990	8.973099164	12	0.269617749	0.053928643	0.565183956	0.57026644	-0.578260815	-0.246670617	-0.015030771	-0.110070108	-0.107106678	-0.14613054
1991	8.55771114	13	0.010786747	0.113047467	0.11406406	-0.115663086	-0.049338783	-0.003006438	-0.022016101	-0.021423359	-0.029228868	-0.035025265
1992	9.542319673	14	1.184762152	1.195416267	-1.212174407	-0.517081222	-0.031508129	-0.230733545	-0.22452148	-0.306324926	-0.367072428	-0.683865839
1993	9.55210785	15	1.20616619	-1.22307503	-0.521731137	-0.03179147	-0.232808444	-0.226540516	-0.309079589	-0.37037337	-0.690015584	0.504310753
1994	7.340199814	16	1.240220909	0.529045111	0.032237144	0.236072107	0.229716311	0.313412472	0.37556551	0.699688682	-0.511380516	-1.118019636
1995	7.978797653	17	0.225676512	0.013751504	0.100702055	0.097990842	0.133693389	0.160206214	0.298468501	-0.218141268	-0.476917312	
1996	8.424904642	18	0.000837942	0.006136238	0.005971031	0.008146551	0.009762099	0.018187054	-0.013292347	-0.029060758		
1997	8.241871744	19	0.044935575	0.04372577	0.059637068	0.071487701	0.133183516	-0.097339656	-0.212811483			
1998	8.247578909	20	0.042548536	0.058050914	0.06956303	0.129597801	-0.094718969	-0.207081936				
1999	8.172424232	21	0.079201517	0.094908023	0.176816209	-0.129229422	-0.282531358					
2000	8.116614127	22	0.113729297	0.21188075	-0.154856996	-0.338560342						
2001	7.825568851	23	0.394739556	-0.288502763	-0.630747054							
2002	8.913044232	24	0.210857623	0.460993242								
2003	9.457773723	25	1.007859081									
Media	8.4539	Suma	7.249282814	1.043797855	-1.177470022	0.163501	-0.408422292	-1.024312703	0.823688807	-0.730172313	-3.115839411	-1.341756609
N	25			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			Rk	0.143986361	-0.162425726	0.022554093	-0.056339682	-0.141298488	0.113623489	-0.100723386	-0.429813471	-0.185088186

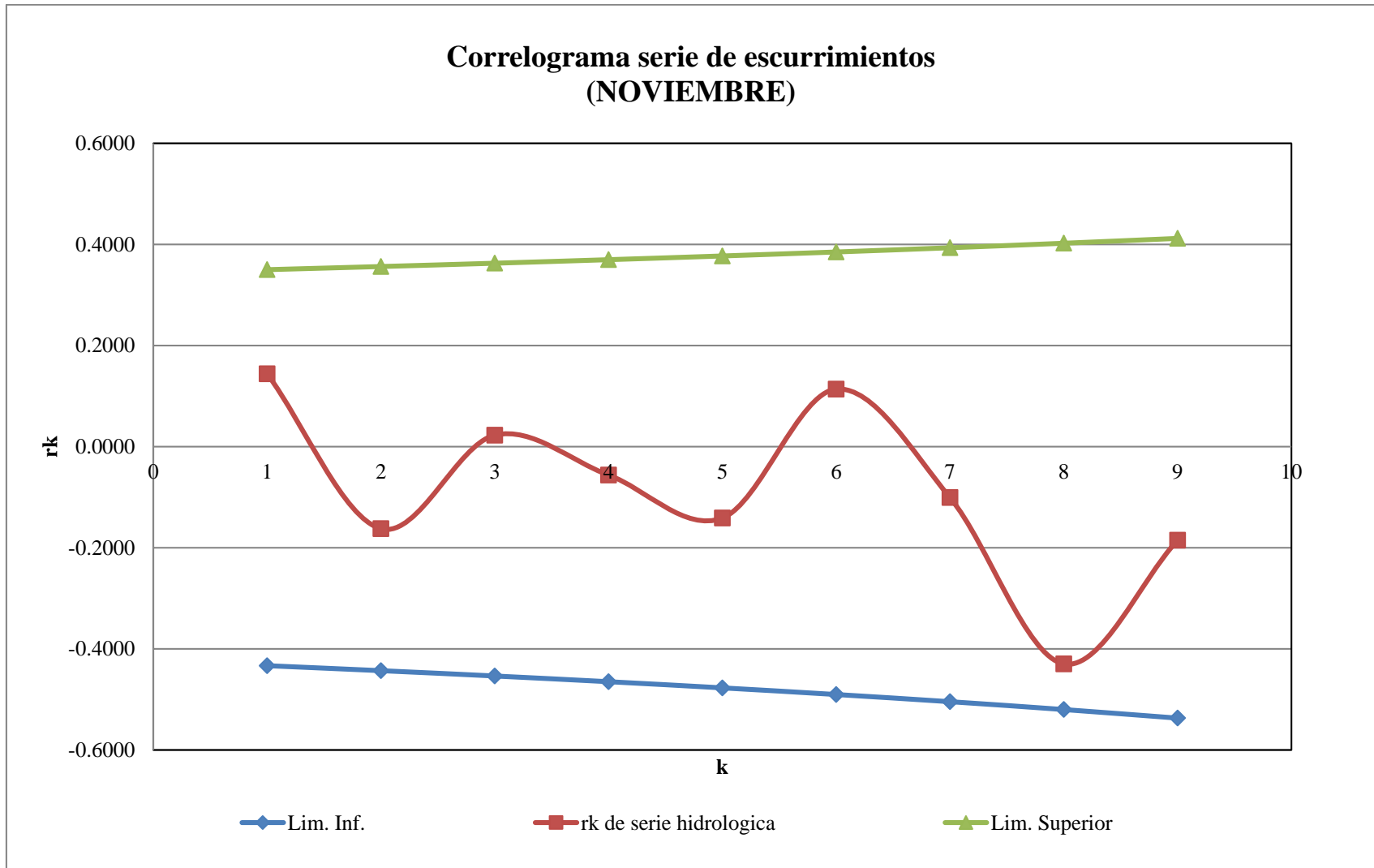


Figura 28. Correlograma para el mes noviembre.

Mes: Diciembre

Tabla 36. Cálculo del correlograma para el mes de diciembre.

Estación:		Prueba de Anderson										
hp máx. mensuales en 24 h		$R_k=25/3=8.3333$	$(X_t - X_m)^2$	$X_t - X_m$	$(X_t - k - X_m)$	$(X_t - k - X_m)$	$(X_t - k - X_m)$	$(X_t - k - X_m)$	$(X_t - k - X_m)$	$(X_t - k - X_m)$	$(X_t - k - X_m)$	$(X_t - k - X_m)$
ejempl. Mes:	DICIEMBRE	N	K=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	
Año	esc (Mm3)											
1979	8.700634121	1	0.220709193	0.063017075	-0.285717927	-0.041808251	-1.524029134	-0.163779011	-1.52948126	0.199127223	0.104859198	0.410922695
1980	8.364973978	2	0.017992688	-0.081578424	-0.011937127	-0.435142084	-0.046762322	-0.43669878	0.056854973	0.029939487	0.117326995	0.002151261
1981	7.622663951	3	0.369874641	0.054122652	1.972923908	0.212019259	1.979981928	-0.2577791	-0.135744924	-0.531957816	-0.009753764	-0.050096901
1982	8.141844982	4	0.007919606	0.288692066	0.031024145	0.289724845	-0.037720046	-0.01986315	-0.077839799	-0.001427239	-0.00733053	-0.030894474
1983	4.986820629	5	10.52364319	1.130917933	10.56129091	-1.375002484	-0.72406804	-2.837481072	-0.05202691	-0.267218572	-1.126191056	-1.881335465
1984	7.882220575	6	0.121533517	1.134963726	-0.147763939	-0.077811602	-0.304928452	-0.005591045	-0.028716507	-0.121025546	-0.202176753	-0.547238811
1985	4.975215349	7	10.59907332	-1.379921475	-0.726658351	-2.847631995	-0.052213034	-0.268174531	-1.130219939	-1.888065834	-5.110493096	0.301554783
1986	8.654695191	8	0.179655638	0.094605579	0.370740764	0.006797753	0.034914354	0.147146332	0.2458123	0.665348655	-0.039260217	0.429097531
1987	8.454038246	9	0.049818729	0.195229857	0.003579656	0.018385689	0.077486374	0.129443279	0.350368601	-0.020674194	0.225960179	0.087931376
1988	9.1055186	10	0.765067637	0.014027972	0.072049919	0.303653948	0.507262901	1.373026039	-0.081018125	0.885493761	0.344585871	0.251866942
1989	8.246874958	11	0.000257211	0.001321078	0.005567677	0.009300968	0.025175253	-0.001485516	0.016236057	0.006318188	0.004618131	-0.00219217
1990	8.313209904	12	0.00678527	0.028596481	0.047771268	0.129304143	-0.007629847	0.083390998	0.032451228	0.023719462	-0.01125934	-0.023554024
1991	8.577996621	13	0.120519697	0.201331719	0.544951527	-0.032155946	0.351450857	0.136765503	0.099965529	-0.047452419	-0.099268292	-0.085572614
1992	8.810777312	14	0.336330591	0.910357643	-0.053717459	0.58710905	0.228470817	0.166995373	-0.079270669	-0.165830617	-0.142951582	0.286663398
1993	9.800581245	15	2.464096521	-0.145398903	1.589148373	0.618409864	0.452012152	-0.214564663	-0.448859467	-0.386931993	0.775921734	0.555366205
1994	8.138211287	16	0.008579551	-0.093770852	-0.036490501	-0.026671874	0.012660814	0.026485843	0.02283169	-0.045784801	-0.032770485	-0.09669036
1995	9.24319858	17	1.024875662	0.398825704	0.291512272	-0.138377325	-0.289479039	-0.24954069	0.500408467	0.358167504	1.056784649	
1996	8.624792998	18	0.155201209	0.113440675	-0.053848907	-0.112649452	-0.097107625	0.19473168	0.139379256	0.411242941		
1997	8.518789916	19	0.082916795	-0.039359593	-0.082338469	-0.070978536	0.142334543	0.10187599	0.30058836			
1998	8.094149481	20	0.018683519	0.039085068	0.033692646	-0.067564474	-0.048359292	-0.142685633				
1999	7.944892793	21	0.081764176	0.070483476	-0.141341791	-0.101165428	-0.298491823					
2000	7.984343475	22	0.060759132	-0.121841389	-0.087208009	-0.257310014						
2001	8.725135385	23	0.244330744	0.174879801	0.515988432							
2002	8.584631255	24	0.125170268	0.369318869								
2003	9.274717943	25	1.089687107									
Media	8.2308	Suma	28.67524562	3.42134674	14.41321902	-3.409563945	0.380961339	-2.237782154	-1.798281141	-0.89701181	-4.151398358	-0.392020631
N	25		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
			Rk	0.119313598	0.502636288	-0.118902694	0.013285373	-0.078038814	-0.06271197	-0.031281748	-0.144772896	-0.013671047

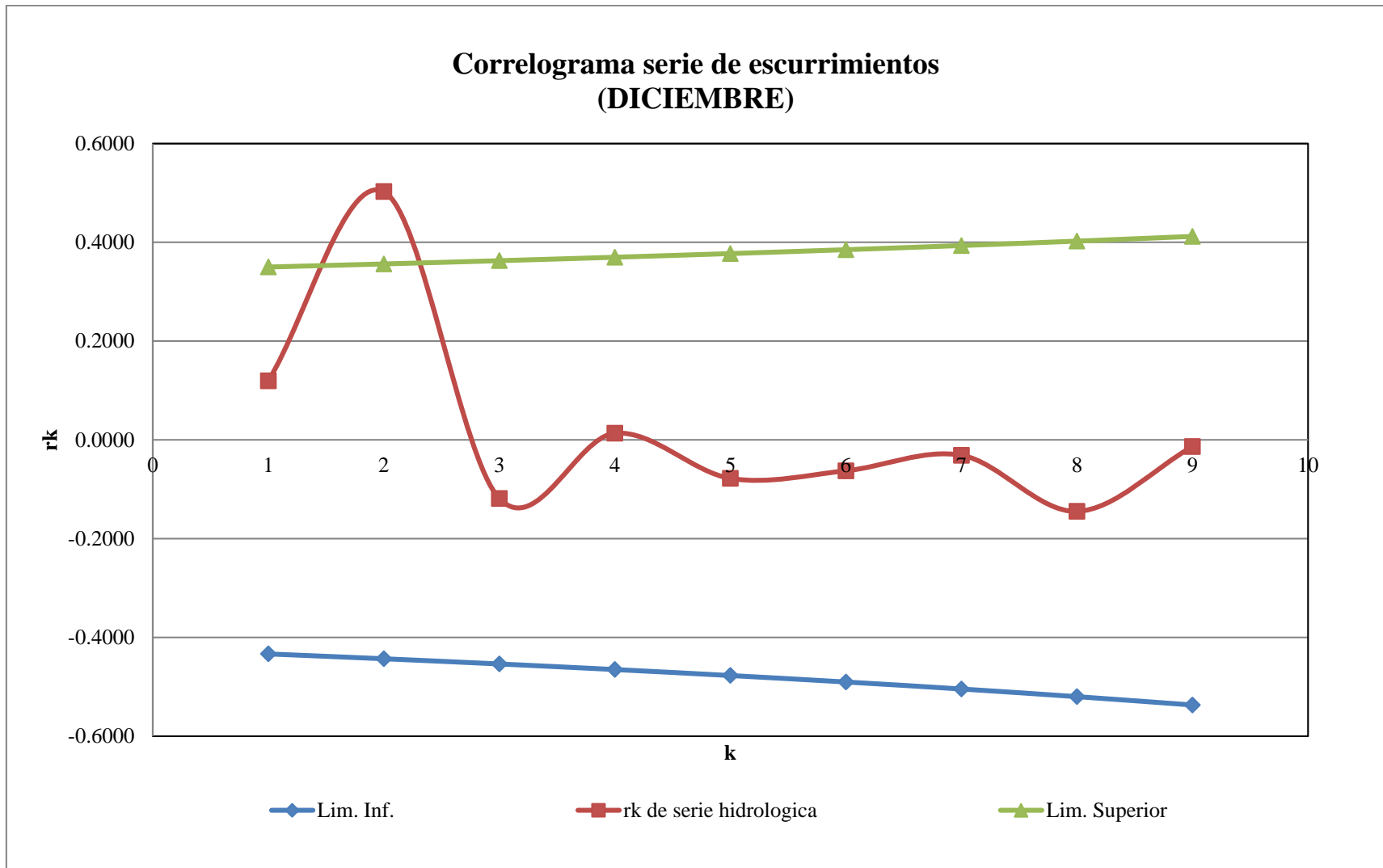


Figura 29. Correlograma para el mes de diciembre.

Tabla 37. Estadísticos y residuales obtenidos de las series mensuales normalizadas $y_{v,\tau}$

	Estadísticos-rk	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
	Y_{τ}	9.31	9.03	9.31	9.45	9.54	9.41	10.10	9.78	10.19	9.25	8.45	8.23
	S_{τ}	0.98	0.92	0.85	0.69	0.30	0.76	0.89	1.11	1.13	0.93	0.55	1.09
	g_{τ}	0.72	-0.06	-1.41	-2.68	0.19	-1.50	-1.15	-1.10	-1.08	-0.71	0.51	-2.27
	k_{τ}	5.89	3.13	4.07	11.47	4.35	9.06	4.91	4.08	5.44	4.46	3.66	9.09
	CV_{τ}	0.1049	0.1021	0.0913	0.0730	0.0313	0.0803	0.0878	0.1140	0.1110	0.1008	0.0650	0.1328
RESIDUALES	$r_{1,\tau}$	0.2365	0.4281	0.3405	0.0299	0.2645	-0.1152	-0.1152	0.2339	0.0428	0.3839	0.1440	0.1193
	$r_{2,\tau}$	0.1379	0.1780	0.0548	-0.0438	-0.0254	-0.0306	-0.0306	-0.0757	-0.1210	0.1357	-0.1624	0.5026
	$r_{3,\tau}$	0.1166	0.1472	0.0338	-0.1401	-0.4600	-0.4447	-0.4447	0.0257	-0.0310	-0.1057	0.0226	-0.1189
	$r_{4,\tau}$	-0.2160	-0.1361	-0.1254	-0.2063	-0.3054	-0.1145	-0.1145	0.1245	0.1515	0.0582	-0.0563	0.0133
	$r_{5,\tau}$	-0.0692	-0.0687	-0.1788	-0.1094	0.0941	0.0417	0.0417	0.1584	0.1393	0.0647	-0.1413	-0.0780
	$r_{6,\tau}$	-0.1093	0.0232	-0.0186	-0.0737	0.2623	0.2400	0.2400	-0.0979	-0.0912	0.1015	0.1136	-0.0627
	$r_{7,\tau}$	-0.0022	0.0532	0.1254	0.2876	0.1689	0.2117	0.2117	0.0161	0.0001	-0.2089	-0.1007	-0.0313
	$r_{8,\tau}$	-0.0905	-0.2517	0.0957	0.1747	-0.0721	-0.2145	-0.2145	0.2070	0.0875	-0.2764	-0.4298	-0.1448
	$r_{9,\tau}$	-0.2689	-0.3549	-0.1246	-0.0252	-0.3219	-0.1059	-0.1059	0.0319	-0.1003	-0.2114	-0.1851	-0.0137

A partir de los valores de las tablas (12) y (13) de las series normalizadas de los volúmenes de escurrimientos mensuales, se procede a estandarizar.

- Los valores que se mencionan en el inciso f del punto 1 se muestran en la tabla 38.

Tabla 38. Series estandarizadas mensuales $z_{v,t}$ de volúmenes de escurrimiento (Mm3).

n	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1	1979	0.297	0.087	0.355	0.328	-0.196	0.025	-0.079	0.134	0.146	-1.354	-0.800	0.430
2	1980	-0.903	-1.021	-2.133	-1.748	0.442	-0.135	0.803	0.057	0.031	0.079	0.368	0.123
3	1981	-1.149	-1.709	-2.197	-0.485	-0.127	1.057	-0.166	0.659	-0.015	-0.587	-0.873	-0.556
4	1982	-1.171	-1.278	-0.967	0.035	-0.499	0.041	0.646	0.357	-0.849	-0.831	-0.861	-0.081
5	1983	0.160	-0.710	-0.371	-1.349	-0.131	-0.392	-2.459	-0.902	-1.576	-2.658	-0.358	-2.968
6	1984	-0.025	0.316	0.274	0.105	-0.725	-1.102	-2.511	-2.114	-1.338	-1.710	0.603	-0.319
7	1985	0.227	0.360	0.534	0.268	-1.703	-0.541	-0.869	-1.546	-1.109	-0.550	-0.799	-2.978
8	1986	0.637	0.727	0.661	0.749	0.487	1.870	-0.509	0.731	0.778	1.679	0.751	0.388
9	1987	0.685	0.795	0.640	0.503	-0.206	0.247	0.888	0.152	0.563	1.248	0.228	0.204
10	1988	-1.388	-1.374	-1.900	-0.021	0.755	0.853	0.698	0.616	0.190	-0.020	0.011	0.800
11	1989	0.576	0.352	0.475	0.473	-1.964	-3.450	0.429	-2.044	-2.903	0.218	-0.071	0.015
12	1990	-0.403	1.208	0.723	-3.709	-0.304	0.290	0.675	0.461	1.713	0.919	0.945	0.075
13	1991	0.610	0.896	0.662	0.155	-0.482	-0.779	1.073	0.070	0.823	0.155	0.189	0.318
14	1992	3.030	2.251	0.973	0.832	1.548	0.305	-0.777	-2.074	-0.288	1.402	1.980	0.531
15	1993	0.868	1.102	1.145	1.203	2.513	1.317	1.340	-0.198	0.397	0.561	1.998	1.436
16	1994	0.574	0.225	0.539	0.529	0.974	1.043	-0.849	0.326	0.109	-0.393	-2.026	-0.085
17	1995	0.391	0.049	0.684	0.414	0.300	-0.537	1.349	0.201	0.809	-0.361	-0.864	0.926
18	1996	0.156	0.571	0.534	0.366	-1.100	-0.151	-0.289	0.180	-0.076	0.961	-0.053	0.360
19	1997	0.227	0.189	0.022	0.084	-1.501	0.443	-0.256	-0.207	-0.386	-0.440	-0.386	0.263
20	1998	-1.419	-1.337	-1.815	-0.624	0.626	-0.221	-0.337	0.678	0.782	0.767	-0.375	-0.125
21	1999	0.378	0.538	0.457	0.502	0.715	0.110	0.243	1.094	0.291	-0.392	-0.512	-0.262
22	2000	-1.304	-1.191	0.413	0.394	0.574	0.687	-0.551	0.184	-0.579	0.148	-0.614	-0.226
23	2001	-1.479	-1.397	-0.432	0.436	0.158	-0.476	0.187	0.356	0.376	-0.141	-1.143	0.452
24	2002	0.339	0.070	0.367	0.328	-0.595	-0.331	0.630	1.289	0.678	0.310	0.836	0.324
25	2003	0.086	0.282	0.353	0.234	0.443	-0.172	0.690	1.541	1.435	0.988	1.827	0.955

- Los valores que se mencionan en el inciso g, h e i del punto 1 se muestran en la tabla 39. A partir de ellos se determinó el valor de la prueba de Akaike la cual nos permitió determinar el mejor modelo de ajuste, el cual dio el modelo PAR(1), que es con el que se hará la generación de las 5 muestras sintéticas, en el subcapítulo 5.2.

Tabla 39. Parámetros periódicos de los modelos PAR(1) y PAR(2) ajustados a los volúmenes de escurrimiento mensual

PAR(1)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
$\hat{\phi}_{1,\tau}$	0.2365	0.4281	0.3405	0.0299	0.2645	-0.1152	-0.1152	0.2339	0.0428	0.3839	0.1440	0.1193
$\hat{\sigma}_{\varepsilon\tau}^2$	0.8994	0.6930	0.6375	0.4756	0.0828	0.5636	0.7755	1.1751	1.2778	0.7420	0.2958	1.1778
CIA(1)	-0.6498	-7.1692	-9.2533	-16.5786	-60.2709	-12.3344	-4.3571	6.0341	8.1276	-5.4606	-28.4525	6.0911
PAR(2)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
$\hat{\phi}_{1,\tau}$	0.2365	0.4089	0.3882	0.0507	0.2655	-0.1152	-0.1204	0.2282	0.0752	0.3788	0.2420	0.0479
$\hat{\phi}_{2,\tau}$	0.1379	0.0813	-0.1114	-0.0610	-0.0333	-0.0001	-0.0445	-0.0494	-0.1386	0.1195	-0.2553	0.4957
$\hat{\sigma}_{\varepsilon\tau}^2$	0.8643	0.6759	0.6253	0.4732	0.0831	0.5636	0.7739	1.1814	1.2500	0.6991	0.2719	0.8930
CIA(2)	0.3528	-5.7925	-7.7372	-14.7066	-58.1928	-10.3342	-2.4066	8.1685	9.5795	-4.9495	-28.5609	1.1717
COMPARACION												
CIA(1) VS CIA(2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

5.2 Generación sintética

Para realizar la generación de las 5 muestras sintéticas, se siguieron los pasos que se mencionan en el punto 2 descrito al inicio del capítulo 5, empleando el modelo PAR(1) que fue el de mejor ajuste. A continuación, en las tablas 40 a la 45 se muestran los cálculos necesarios para determinar las series sintéticas, mientras que en las tablas 46 y 47 se presentan las gráficas comparativas de los estadísticos de las series generadas contra los de la serie histórica, y por último la tabla 48 contiene las 5 series generadas con el modelo PAR(1).

Tabla 46. Gráficas comparativas de los estadísticos de las series sintéticas contra los de la serie histórica.

Estadístico/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio de las Medias de las muestras generadas PAR(1)	20921	12149	14013	14682	14620	15762	32086	27015	42491	14749	5400	5296
Media de la muestra original	20237	12320	14012	14763	14589	15294	32505	27037	42623	14816	5428	5266

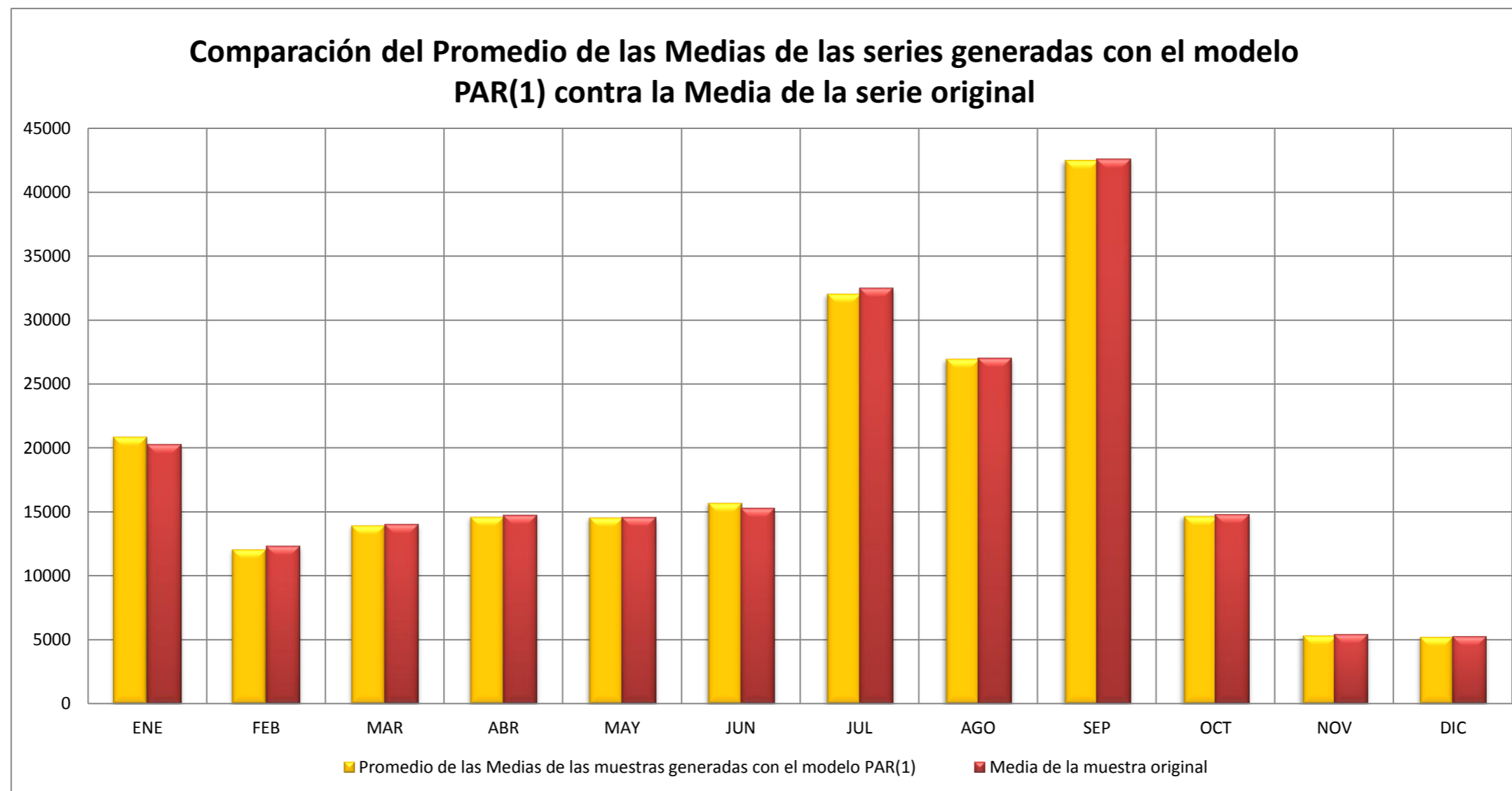
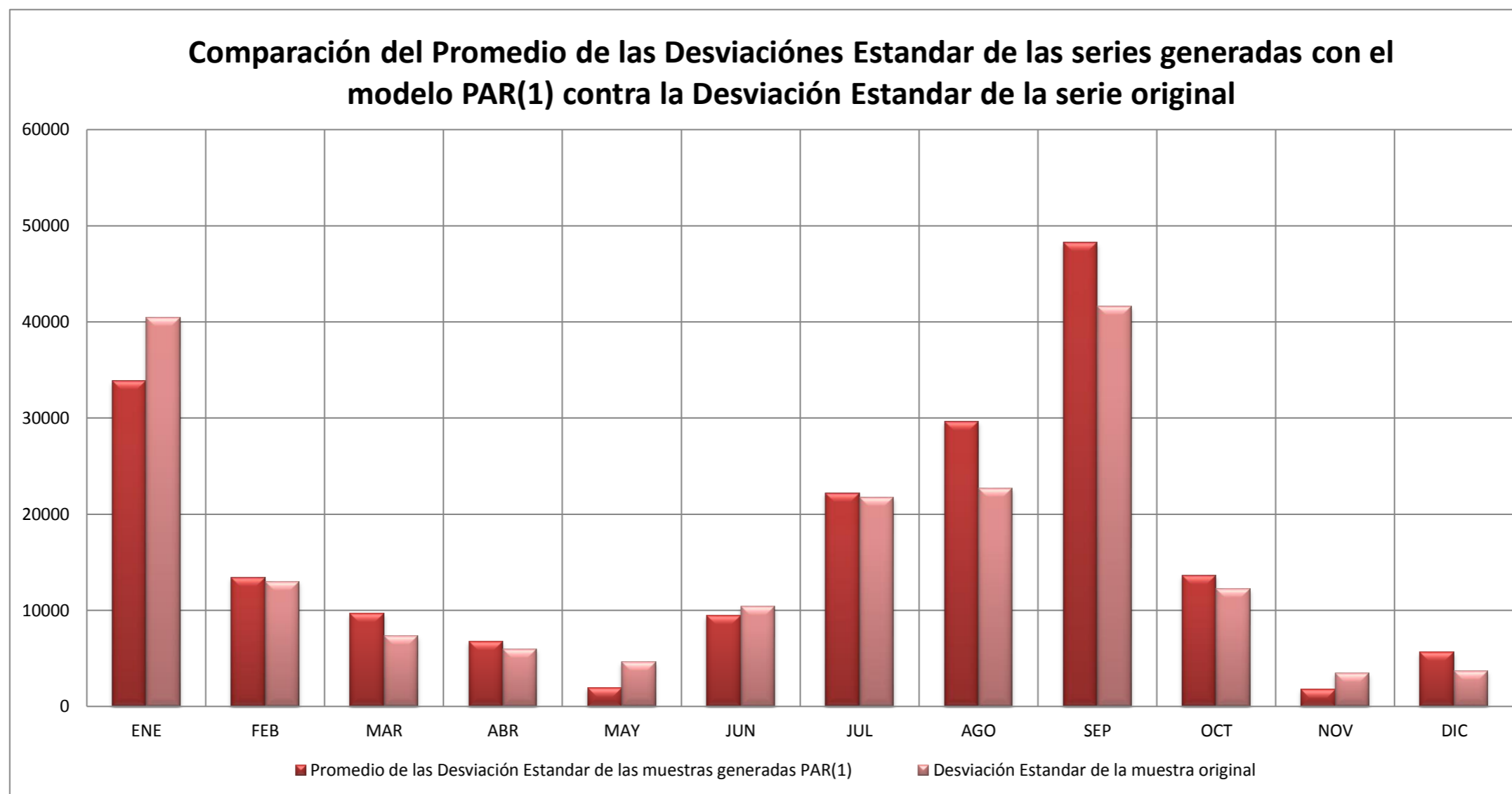


Tabla 47. Gráficas comparativas de los estadísticos de las series sintéticas contra los de la serie histórica.

Estadístico/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio de las Desviación Estandar de las muestras generadas PAR(1)	33876	13443	9695	6756	1966	9486	22221	29620	48277	13621	1775	5651
Desviación Estandar de la muestra original	40472	13007	7348	6010	4609	10452	21796	22684	41624	12250	3487	3722



5. Conclusiones

El presente trabajo se propuso generar 5 series sintéticas de escurrimientos, a partir, del modelo estocástico $PAR(p)$, lo cual se logró al hacer un estudio minucioso de la serie de escurrimientos mensuales de entrada al vaso de la presa Solís.

La importancia de este estudio radicó en poder elegir entre dos modelos estocásticos, el $PAR(1)$ y el $PAR(2)$, para realizar la generación sintética, ya que entre más modelos se tenga, mejor es la generación de series con el modelo que resulta ganador de entre los modelos comparados, lo cual se pudo ver, ya que al comparar la bondad de los dos modelos en estudio mediante la prueba de Akaike, se determinó que el modelo PAR que mejor podía modelar la serie histórica en estudio, o sea, generar series sintéticas, fue el $PAR(1)$.

Ya habiendo elegido el modelo para la generación, se procedió a obtener 5 series sintéticas de escurrimientos, si bien, para un estudio hidrológico se necesitan por lo menos 100 muestras sintéticas, éste estudio muestra cómo se pueden obtener y ya que el proceso se vuelve repetitivo, se consideró suficiente obtener sólo 5 muestras.

Como se mencionó en la introducción, una gran ventaja de tener un modelo estocástico para la generación de series sintéticas para el vaso de una presa, es que con el funcionamiento de vaso que se puede modelar con éstas series, es posible determinar, actualizar y mejorar las políticas de operación futuras de la presa.

Por último, se pudo comprobar que las series sintéticas se generaron correctamente ya que al comparar los estadísticos de estas contra los de la serie histórica, dan muy similares entre sí, esto indica que las series generadas se comportan como la serie histórica, que es lo que se busca cuando se hace una generación mediante un modelo estocástico. Cabe mencionar que con este estudio los operadores de la presa Solís, pueden hacer una planeación a futuro del funcionamiento del vaso de la presa, y determinar nuevas políticas de operación del embalse.

Bibliografía

1. Escalante Sandoval C.A., Reyes Chávez L. 2002 Técnicas Estadísticas en Hidrología. Facultad de Ingeniería UNAM.
2. Robert L. Winkler, L. Hays., 1975. Statics, Probability, Inferences and Decision, Series in Quantitative Methods for Decision Making.
3. Vujica Yevjevich, 1972, Stochastic Processes in Hydrology, Water Resources Publications Fort Collins, Colorado, U.S.A.
4. J. D. Salas, J. W. Delleur, 1980, Applied Modeling of Hydrologic Time Series. Wáter Resources Publications, Littleton, Colorado 80161, U.S.A.
5. Box, G.E.P. and Cox, D.R. 1964. An Analysis of Transformation. Journal of Royal Statistical Society B-26, 211.
6. Box, G.E.P. and G.M. Jenkins.1970. Time Series Analysis Forecasting and Control, San Francisco: Holden-Day.
7. Brockwell, P.J. and R.A. Davis 1987. Time Series: Theory and Methods. Segunda Edicion, E.U.A: Springer- Verlag.
8. Chatfield, C. 1984. The Analysis of Time Series: An Introduction, Londres: Chapman and Hall.
9. Pankratz, A. 1983. Forecasting with Univariate Box- Jenkins, Models. Concepts and Cases. E.U.A.: John Wiley & Sons.
10. Kendall, S.M. and Ord, J.K. 1990. Time Series. Londres: Edward Arnol.
11. Gardea Villegas, H. 1992. Aprovechamientos Hidroeléctricos y de bombeo. 1ª edición, junio 1992. Editorial Trillas S. A. de C. V. UNAM, Facultad de Ingeniería, México DF.
12. CONAGUA,1986. Sistema de seguridad de presas, Acta de entrega