



XXIII SEMINARIO NACIONAL DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA IBAGUÉ, 15 AL 17 DE AGOSTO DE 2018

EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE ÍNDIAS, COLOMBIA

Alfonso Arrieta Pastrana¹, Dalia Moreno Egel²

1. Director Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental, IHSA, Universidad de Cartagena, Calle de la Universidad, 3er piso, Cartagena, Colombia, arrietapastrana@gmail.com

2. Docente Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar, Avenida del Consulado, Cartagena, Colombia, dmorenod@unicartagena.edu.co

RESUMEM

Se utilizó la información de la estación del IDEAM en el Aeropuerto Rafael Núñez de la ciudad de Cartagena, años 1970 al 2016 y se construyeron las series de datos de precipitación máximas en 24 horas, precipitaciones totales anuales e intensidades máximas para cada año y para cada duración, se graficaron y se ajustaron a una línea recta para evaluar tendencias generales globales. También se compararon las proyecciones a 50 y 100 años con los valores obtenidos para las IDF(1970-2016) con períodos de retorno de 50 Y 100 años, para evaluar sus órdenes de magnitudes. Los resultados demuestran que la tendencia de las precipitaciones máximas en 24 horas tiende a ser constante, las precipitaciones totales anuales tienden a ser creciente, y las intensidades máximas para cada duración se pueden considerar constantes con un leve crecimiento, demostrando que los efectos del cambio climático no son críticos en el cálculo de las intensidades para diseños de ingeniería, teniendo mayor importancia la longitud y precisión de los registros y la obtención de la información primaria para el análisis.

ABSTRACT:

The information of the IDEAM station at the Rafael Núñez Airport in the city of Cartagena, from 1970 to 2016, was used and the maximum 24-hour rainfall data series, total annual rainfall and maximum intensities for each year and for each year were constructed. duration, were graphed and adjusted to a straight line to assess overall global trends. The projections at 50 and 100 years were also compared with the values obtained for the IDF (1970-2016) with return periods of 50 and 100 years, to evaluate their orders of magnitudes. The results show that the trend of maximum rainfall in 24 hours tends to be constant, total annual rainfall tends to be increasing, and the maximum intensities for each duration can be considered constant with a slight growth, showing that the effects of climate change they are not critical in the calculation of the intensities for engineering

Mayor Información



designs, having greater importance the length and precision of the records and the obtaining of the primary information for the analysis.

PALABRAS CLAVE: curvas IDF. Intensidades máximas de lluvias, tendencias de precipitaciones.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático trae asociado efectos sobre el comportamiento de las precipitaciones, los cuales se pueden analizar a través de diferentes series de tiempo, como las series de precipitación total anual, las series de precipitaciones máximas en 24 horas, las cuales en su gran mayoría se encuentran disponibles en las entidades públicas y privadas que realizan la toma de datos de campo. Para el caso Colombiano es el IDEAM.(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales), pero en pocas ocasiones se dispone de las intensidades máximas para duraciones de lluvias determinadas, tomados de información primaria de pluviógrafos o similares y no deducida de precipitaciones máximas en 24 horas o precipitaciones totales anuales. En este trabajo se parte del análisis de series de tiempo obtenidas directamente de todas las lluvias registradas en la estación del Aeropuerto Rafael Núñez desde el año 1970 al 2016. Se hace el análisis de la tendencia de las precipitaciones totales anuales, de las precipitaciones máximas en 24 horas , de las series de intensidades máximas para duraciones de 10,20,30,40,50,y 60, minutos, y se evalúa la dependencia temporal de cada serie. .tiempo.

ANTECEDENTES

En la gran mayoría de las estimaciones de caudales para el diseño de obras de ingeniería se utilizan las curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF). En la ciudad de Cartagena basados en los registros del IDEAM, localizados en el Aeropuerto Rafael Núñez de la ciudad, con registros desde el año 1941, se han planteado en los últimos 25 años, diferentes funciones IDF. Almanza, Martínez y Velásquez,(1995), realizaron la primera función para las IDF, con información comprendida entre los años 1970 a 1994; Barrios (2007), actualizó las funciones IDF utilizando el periodo desde 1970 a 2005 ; Puello, y Romero, (2012), desarrollaron el estudio sobre la elaboración de las curvas IDF utilizando distribuciones mixtas de probabilidad y considerando el efecto de vientos ciclónicos, eventos macro climáticos y el cambio climático, para el periodo comprendido entre 1995-2010. El Grupo de Investigación en Ingeniería de los Recursos Hídricos (GIREH, 2016), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, desarrolló para el IDEAM las curvas IDF de la estación Rafael Núñez de la ciudad de Cartagena (1970-2010). En la actualidad Herrera y Llamas, (2018) actualizan la función IDF, con información desde 1970 a 2016, analizando todas la lluvias existentes registradas en la estación del Aeropuerto Rafael Núñez desde el año 1970 a 2016.

Uno de los efectos del cambio climático que se plantea para Colombia(IDEAM 2015), es que el comportamiento de las precipitaciones no será el mismo para todas las

Mayor Información



regiones de Colombia. Para el periodo 2071-2100 se espera que la precipitación media disminuya entre 10-30% en departamentos como Amazonas, Vaupés, sur del Caquetá, San Andrés y Providencia, Magdalena, Bolívar, Sucre y Norte del Cesar. Para el departamento de Bolívar se plantea una disminución del 17.13% de la precipitación media y para la zona norte de Bolívar (Cartagena) se muestran resultados entre -10 y +10%, de variación de la precipitación media, considerados como una condición normal.

A raíz de los efectos que el cambio climático puede producir sobre las precipitaciones se han planteado nuevas hipótesis, una de ellas es que por efectos del cambio climático las series no son estacionarias y que se requiere de nuevas herramientas de análisis para su interpretación (Poveda y Alvarez, 2012; Obeysekera and Salas, 2014.) Se plantea en los últimos años como criterio emergente de análisis, el criterio de no estacionaridad, y distribución no homogénea; se plantea como se incluye el tiempo en el análisis de eventos extremos, y se crea el concepto de frecuencia de eventos extremos cuando los valores extremos son no estacionarios (Obeysekera and Salas, 2016). Ejemplos de estas teorías se han aplicado en sectores de la ciudad de Cartagena, (Gonzalez y Coronado 2018), donde los resultados entre las teorías estacionarias y no estacionarias difieren entre un 2% y 44% para precipitaciones máximas en 24 horas y de 8 a 77% para la estimación de caudales.

El Instituto de Hidráulica de la Universidad de Cartagena en convenio realizado con el Distrito de Cartagena, durante el año 2017 y 2018, ha estado realizando el diseño a nivel de ingeniería de detalle del Plan Maestro de drenajes de Cartagena, basando los diseños en la utilización de las curvas IDF. Por lo anterior en este proyecto se hace un análisis del comportamiento de las intensidades máximas utilizadas en la determinación de las curvas IDF, y que tanta dependencia tienen con relación al tiempo.

DESARROLLO

En la figura 1, se muestra la representación de la precipitación total anual (escala izquierda) y la precipitación máxima en 24 horas (escala derecha) para la estación del aeropuerto Rafael Núñez de la ciudad de Cartagena desde el año 1970 (año 1), al año 2016 (año 47). A cada una de las series de tiempo se le ajustó una línea recta con el fin de analizar, si el comportamiento de las series presentan alguna tendencia.

Los resultados muestran para la precipitación total anual (PT), una pendiente positiva de crecimiento de 1,9077 mm/año, y una pendiente positiva de 0,1169 mm/año, para la precipitación máxima en 24 horas (P24).

Mayor Información

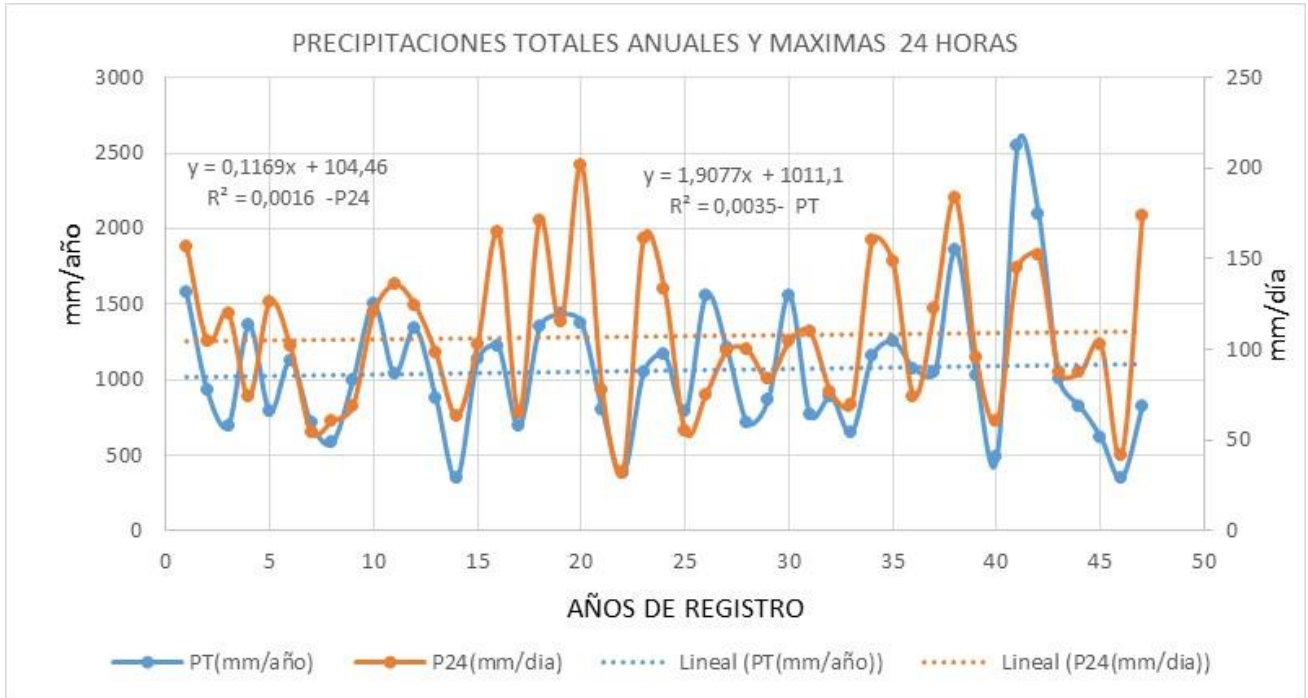


Figura 1.- Serie de precipitación total anual y serie de precipitación máxima en 24 horas (1970-2016)

Con el fin de analizar el crecimiento hacia adelante de, PT, y P24, se calcularon con las ecuaciones ajustadas en la figura 1, las precipitaciones máxima anuales en 24 horas (P24 anuales), y las precipitaciones totales anuales(PT) en los próximos 50 años y 100 años, estos resultados se muestran en la tabla 1. Donde se aprecia que para un escenario de 50 años, se estimó una precipitación total anual promedio de 1196 mm, con valores entre 1636,7 mm y 755,59 mm. Para la precipitación máxima en 24 horas(P24), se estimó un valor promedio de 115,8 mm, con variaciones entre 156,44 mm y 75,16 mm. Para un escenario de los próximos 100 años, se tendría un valor medio de 1292mm para la precipitación total anual(PT), con rango de variación entre 1732,09 mm y 850,97 mm. Para la precipitación máxima en 24 horas(P24), se calculó un valor promedio de 121,64 mm, con variaciones entre 162,28 mm y 81,01 mm.(considerando que la desviación típica es constante con el tiempo-DES-ST).

Tabla 1.- Estimado de la precipitación total media y de la precipitación máxima en 24 hora, .

DESV-ST	440,56	40,64				
AÑOS	PT	P24	PTmax	PTmin	P24max	P24min
47	1101	109,95	1541,32	660,20	150,59	69,32
97	1196	115,80	1636,71	755,59	156,44	75,16
147	1292	121,64	1732,09	850,97	162,28	81,01

A las series de tiempo de PT, P24, de la estación del Aeropuerto Rafael Núñez de la ciudad de Cartagena se le ajustó una función de probabilidad de valor extremo tipo I(EVI) (Vent Te Chow y Otros 1994, pag 397), cuyos estadísticos y estimados para cada periodo de retorno se muestran en la tabla 2. Para un periodo de retorno de 50 años se obtiene una

Mayor Información

precipitación total anual de 2198 mm, y para un periodo de retorno de 100 años se obtiene una precipitación total anual de 2438,81 mm. Para las precipitaciones máxima en 24 horas se obtiene, 212,61 mm para periodo de retorno de 50 años y 234,73 mm para periodo de retorno de 100 años.

Tabla 2.-Estimados de la precipitación total anual y la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno

PROMEDIO	1056,92	107,27	
DESV-ST(σ)	440,56	40,64	
α	343,50	31,68	
μ	858,65	88,98	
T(AÑOS)	YT	PT(mm)	P24(mm)
2	0,367	984,55	100,59
5	1,500	1373,88	136,50
10	2,250	1631,66	160,28
15	2,674	1777,09	173,69
20	2,970	1878,92	183,09
25	3,199	1957,35	190,32
50	3,902	2198,98	212,61
75	4,311	2339,42	225,56
100	4,600	2438,81	234,73

En las tablas 1 y 2, se presentan los resultados de dos conceptos diferentes, el primero es la proyección de los valores medios con una desviación por encima y por debajo, para un tiempo determinado y el segundo es la probabilidad que un evento sea igualado o excedido por lo menos una vez, en un lapso de tiempo. Este último concepto es el que generalmente se utiliza para el diseño de obras de ingeniería.

Con el fin de evaluar la tendencia de crecimiento de la media de las PT, P24, se realizó la media de 20 años y se movió la serie hacia adelante (media móvil), obteniéndose los resultados mostrados en la figura 2, para la precipitación total anual(PT(M-20)), para la desviación Estandar (DES-ST), y el coeficiente de variación (CV). Los resultados muestran que la precipitación total anual(PT-M-20), tiene una pendiente positiva de crecimiento de 5,1737 mm/año, la desviación estándar es creciente y el coeficiente de variación es creciente. Lo anterior se entiende como una tendencia a que la media aumente, pero también a que aumente la dispersión de los datos alrededor de la media.

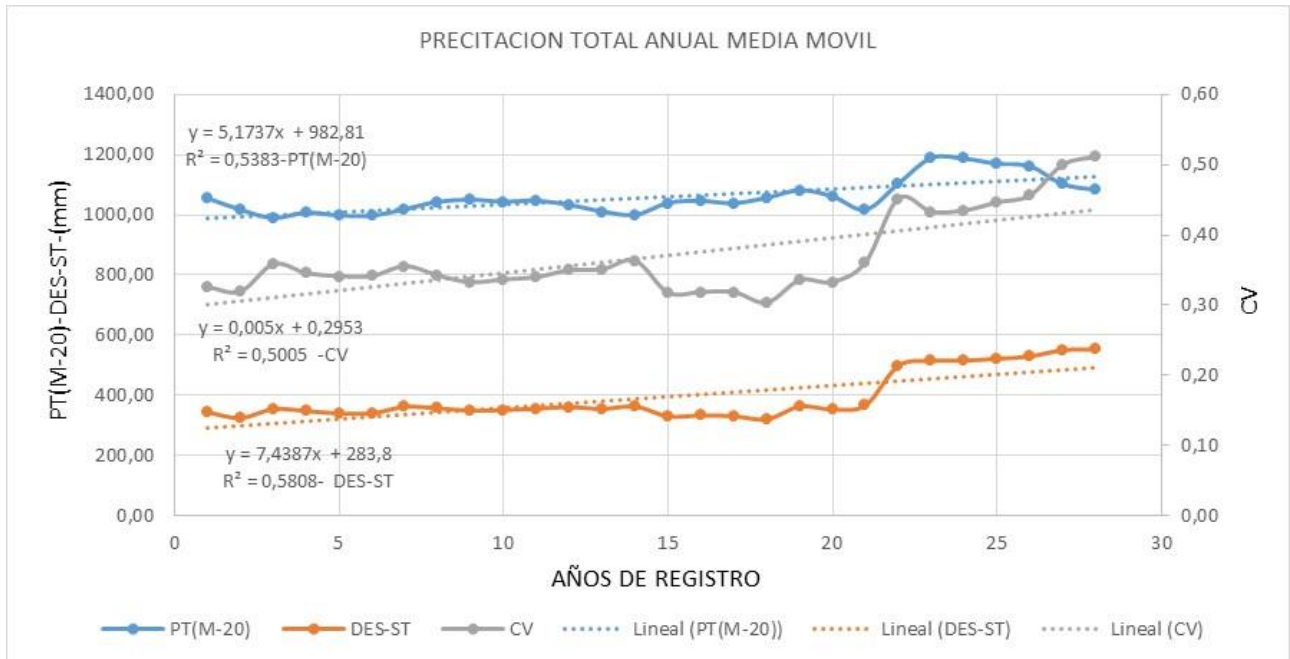


Figura 2.-Comportamiento de la media móvil de precipitación total anual (rezago+ 20), con su desviación estándar y coeficiente de variación.

Tomando como base los resultados de las ecuaciones ajustadas a la media móvil de la precipitación total anual PT(M-20), a la desviación estándar (DES-ST), y al coeficiente de variación CV), se estimó el escenario para 50 años hacia adelante, encontrándose los resultados mostrados en la tabla 3. Se ha estimado que dentro de 50 años la media móvil de la precipitación total anual tendría un valor de 1386,4 mm con un rango de variación entre 2250,38 mm y 522,34 mm, y para 100 años se tendría 1650,0 mm anuales de precipitación total con variación entre 2881,0 mm y 409,09 mm.

Tabla 3.- Precipitación media total anual, estimada con media móvil de rezago hacia delante de 20 años

AÑOS	PT(M-20)	DES-ST(M-20)	PT(M-20)max	PT(M-20)min
28	1127,7	492,08	1619,76	635,59
78	1386,4	864,02	2250,38	522,34
128	1645,0	1235,95	2881,00	409,09

Análisis similar al realizado con la precipitación total anual se realizó con la precipitación máxima en 24 horas con media móvil hacia delante de 20 años(P24(M-20)), calculando el correspondiente valor de la desviación estándar y del coeficiente de variación. Los resultados se muestran en la figura 3, donde se ajustó a cada serie una línea recta. Se aprecia que la precipitación máxima en 24 horas(P24(M-20)), muestra una pendiente negativa cercana a cero. Resultado similar muestra el coeficiente de variación siendo la pendiente negativa, cercana a cero, por lo que podemos concluir que el coeficiente de variación es constante. La desviación estándar da como resultado un decrecimiento de 0,263 mm/año.

Tomando como base los resultados de las ecuaciones ajustadas a la media móvil de la precipitación máxima en 24 horas P24(M-20), a la desviación estándar (DES-ST), y al coeficiente de variación CV), se estimó el escenario para 50 años hacia adelante, encontrándose los resultados mostrados en la tabla 4. Se ha estimado que dentro de 50 años la media móvil de la precipitación máxima en 24 horas tendría un valor de 105,1 mm con un rango de variación entre 130,64 mm y 79,57 mm, y para 100 años se tendría 103,8 mm anuales de precipitación media máxima en 24 horas con variación entre 116,14 mm y 91,37 mm.

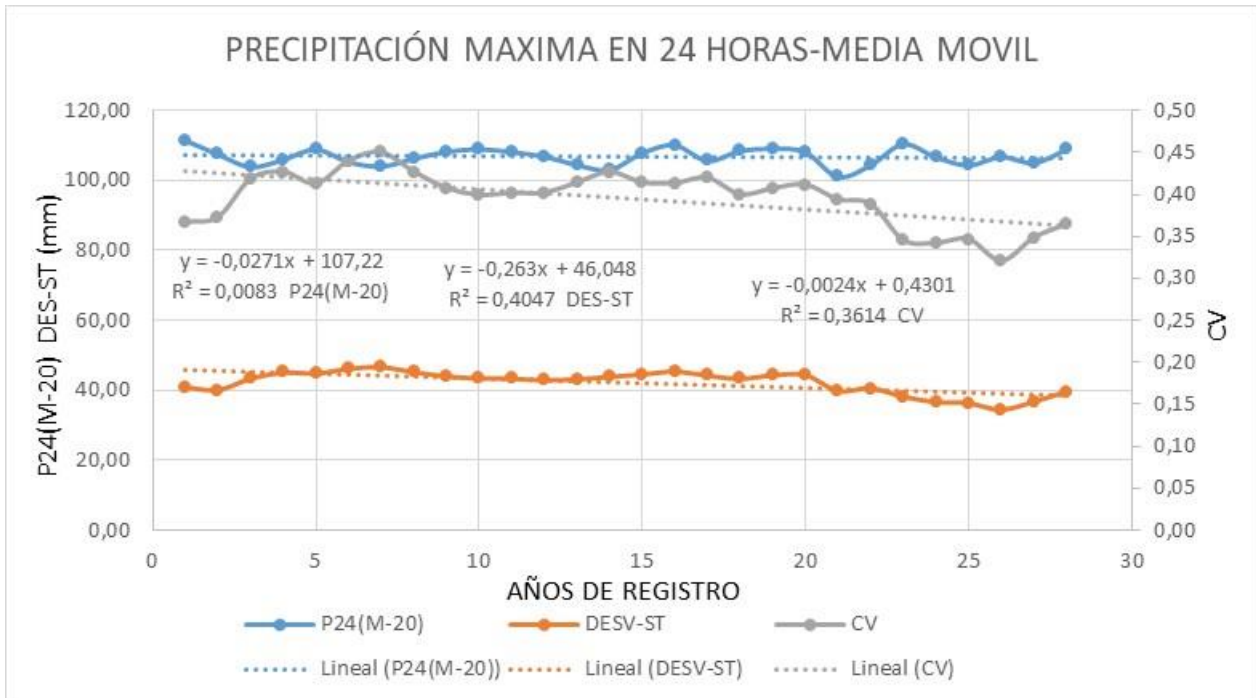


Figura 3.- Promedia de la Precipitación máxima en 24 horas con media móvil(+20 años), con su correspondiente desviación estándar, y coeficiente de variación

Tabla 4.- Estimado de la precipitación media máxima en 24 horas con media móvil(+20 Años).

AÑOS	P24(M-20)	DES-ST(M-20)	P24(M-20)max	P24(M-20)min
28	106,5	38,68	145,15	67,78
78	105,1	25,53	130,64	79,57
128	103,8	12,38	116,14	91,37

Las intensidades de la precipitación como función de la duración y la frecuencia(Periodo de retorno), son los parámetros utilizados en muchos diseños de ingeniería. Se plantea a continuación el análisis de las intensidades de la precipitación para duraciones de 10,20,30,40,50,y 60 minutos de duración. En la figura 4, se muestran las gráficas de la series analizadas y se muestra la línea recta ajustada para las series de 10 minutos, 50 minutos y 100 minutos. De acuerdo con los resultados, la serie de 10 minutos muestra una tendencia de aumento de 0,1773 mm/h/año, la serie de 50 minutos muestra una disminución leve de 0,0123 mm/h/año, y la serie de 100 minutos, un aumento de 0,0378 mm/h/año.

Mayor Información

Con el fin de obtener un valor promedio de la tendencia de crecimiento de las intensidades máximas con respecto al tiempo se ajustó una línea recta a todos los datos de intensidad máxima sin considerar la duración. Los resultados se muestran en la figura 5, donde se muestra la ecuación ajustada, lo cual tiene una pendiente de 0,0695 mm/h/año. Valor muy bajo por lo cual la serie se puede considerar constante.

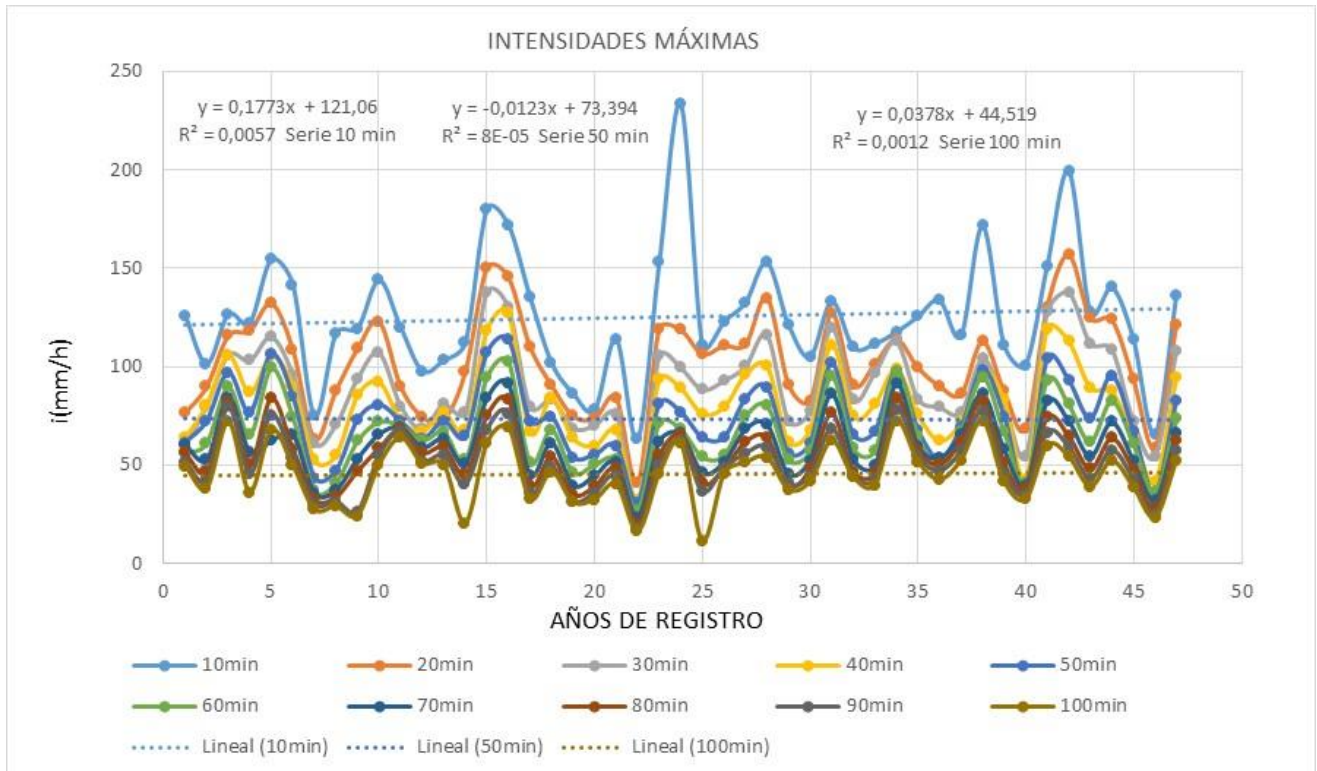


Figura 4.-Intensidades máximas para duraciones de 10,20,30,40,50 60,70,80,90,100 minutos de duración.

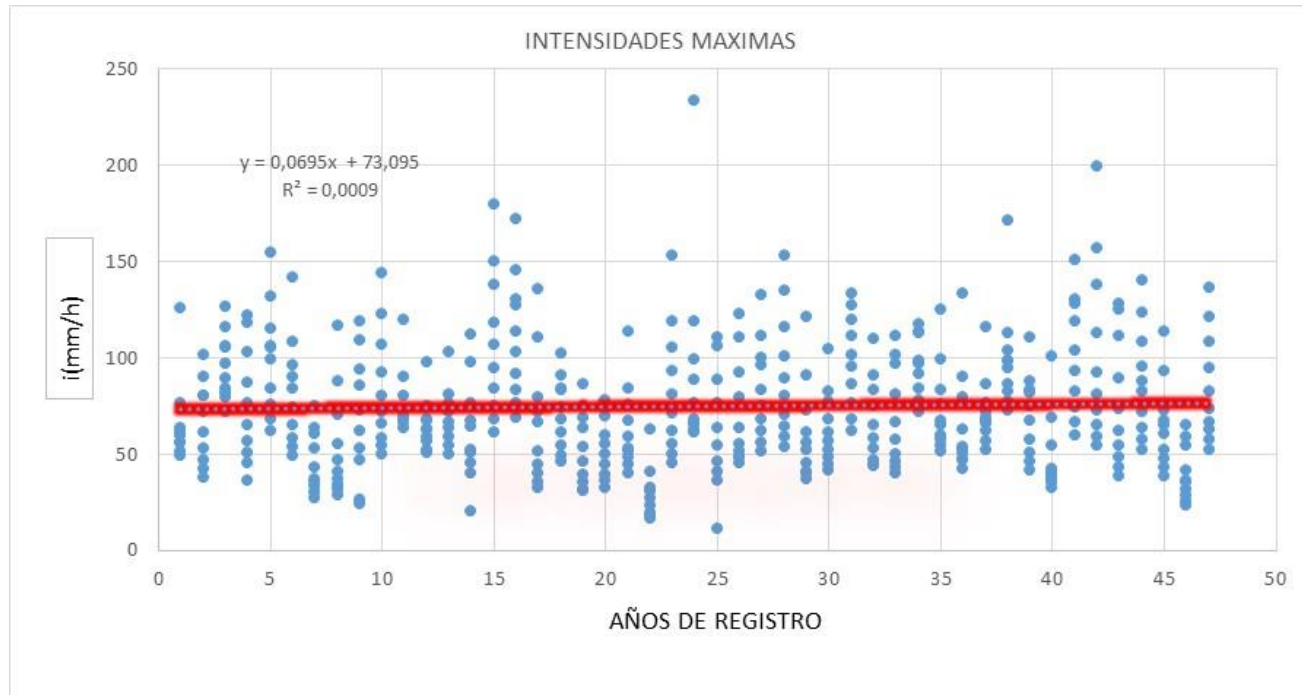


Figura 5.-Línea de tendencia general de las intensidades máximas.

Los resultados mostrados en la tabla 5, muestran el coeficiente de correlación entre las intensidades máximas para cada duración y el tiempo (COR(T)), donde se muestra que los valores son cercanos a cero lo cual prueba que las series son independientes del tiempo. Las correlaciones entre las intensidades máximas y la precipitación total anual muestran un valor de correlación significativo (0,40 promedio). Las correlaciones entre las intensidades máximas y precipitaciones máximas en 24 horas, muestran las mejores correlaciones (0,53 promedio).

Tabla 5.-Estimados del coeficiente de correlación para diferentes duraciones, entre intensidades máximas y tiempo, intensidades máxima y precipitación total anual (PT), intensidades máximas y precipitación máxima en 24 horas.

DURACIÓN	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	100 min	Promedio
COR(T)	0,08	0,09	0,11	0,01	-0,01	0,03	0,06	0,00	0,02	0,03	0,04
COR(P24)	0,40	0,35	0,41	0,50	0,53	0,59	0,62	0,62	0,63	0,66	0,53
COR(PT)	0,40	0,35	0,42	0,46	0,39	0,39	0,44	0,39	0,39	0,42	0,40

Con el fin de analizar la tendencia de las intensidades máximas, se realizó un análisis con media móvil hacia delante de 20 años, cuyos resultados se grafican en la figura 6. Como ejemplo se muestra la línea recta ajustada a la serie de 10 minutos, donde se aprecia una pendiente positiva de 0,3145 mm/h/año, la serie de duración de 50 minutos con una leve pendiente positiva de 0,0774 mm/h/año, y la serie de 100 minutos con pendiente positiva de 0,2467mm/h/año.

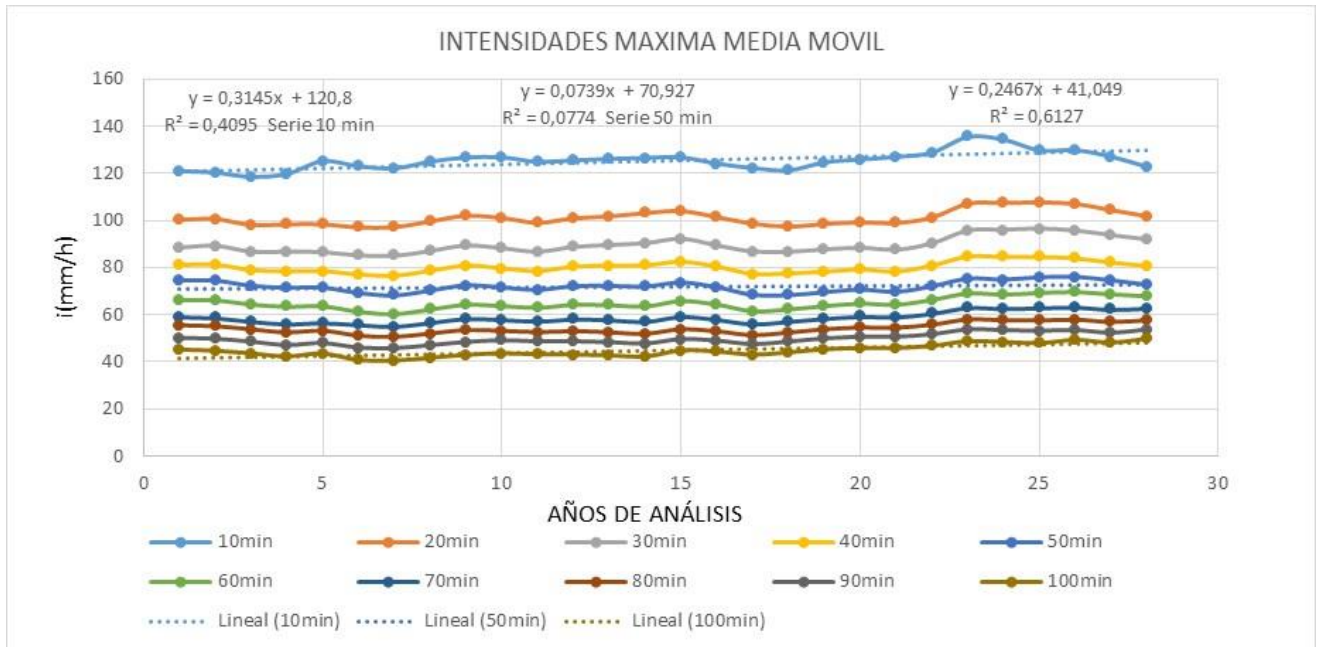


Figura 6.- Series de intensidades máximas con media móvil, para duraciones de 10,20,30,40,50,y 60 minutos

En la figura 7, se presentan los resultados de la desviación estándar de la media móvil de las intensidades máximas para cada duración, y se muestra el ajuste de una línea recta a tres series seleccionadas, 10 , 50 y 100 minutos, donde se aprecia una pendiente negativa, lo cual se entendería que a futuro las series tendrían menor variación.

En la figura 8, se aprecia el coeficiente de variación de la media móvil de las intensidades máximas para cada duración, donde la pendiente de la línea recta ajustada a las series 10,50 y 100 minutos es negativa, con valores muy cercano a cero, mostrando que el coeficiente de variación tiende a ser constante.

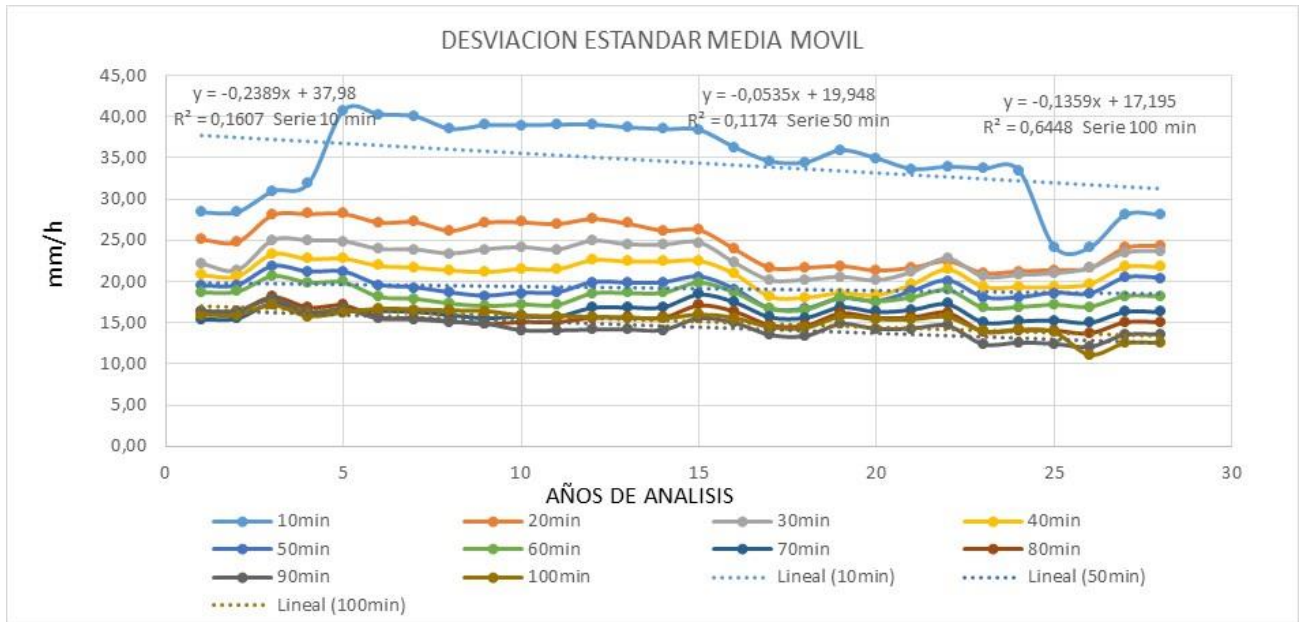


Figura 7.- Series de tiempo para la desviación estándar de la media móvil, de las intensidades máximas para duraciones de 10,20,30,40,50, y 60 minutos.

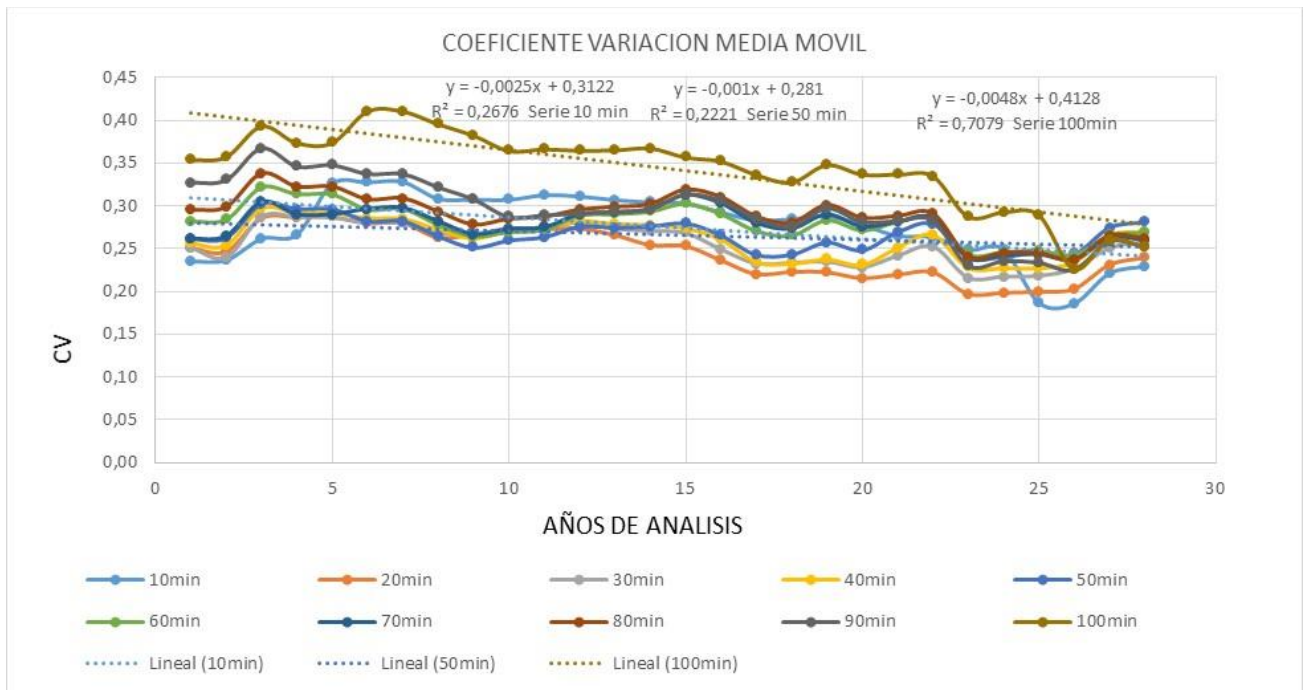


Figura 8.- Series de tiempo para el coeficiente de variación de la media móvil de las intensidades máximas para duraciones de 10,20,30,40,50 y 60 minutos.

En la tabla 6 se muestra el estimado de la intensidad media, máxima y mínima para duraciones de 10, 50 y 100 minutos, para un escenario de 50(78) y 100(128) años hacia delante. Como ejemplo podemos observar que para 100 años(128) próximos, la intensidad máxima media para una duración de 10 minutos es de 161,1 mm/h, con variación entre 168,5 mm/h, y 153,7 mm/h.

Mayor Información



Con el fin de analizar el comportamiento general en función del tiempo se crearon tres series independientes de la duración, las cuales se muestran en las figuras 9,10, y 11. A cada una de las series se les ajustó una línea recta. Los resultados muestran una pendiente positiva de 0,2096 mm/h/año para la media móvil de las intensidades máximas, una pendiente negativa de la desviación estándar de 0,1163 mm/h/año, y una pendiente negativa cercana a cero(-0,0024) para el coeficiente de variación, mostrando que el coeficiente de variación tiende a ser constante(0,3137).

En la tabla 7, se presenta el estimado de la intensidad máxima para duraciones de 10, 50 y 100 minutos y periodos de retorno de 50 y 100 años, basados en las ecuaciones de Intensidad Duración Frecuencia IDF, elaborados por Herrera y Llamas(2018). Al comparar las tablas 6 y 7, observamos que los valores estimados para periodos de retorno de 50 y 100 años(tabla7) son superiores a los estimados en la tabla 6, para proyecciones de 50 y 100 años, siendo dos conceptos totalmente diferentes.

Tabla 6.-Estimado de la intensidad máxima (mm/h) para duraciones de 10, 50 y 100 minutos,

	DURACION min- INTENSIDAD mm/h								
	10			50			100		
AÑOS	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo
28	129,6	160,9	98,3	73,0	91,4	54,5	48,0	61,3	34,6
78	145,3	164,7	126,0	76,7	92,5	60,9	60,3	66,9	53,7
128	161,1	168,5	153,7	80,4	93,5	67,3	72,6	72,4	72,8

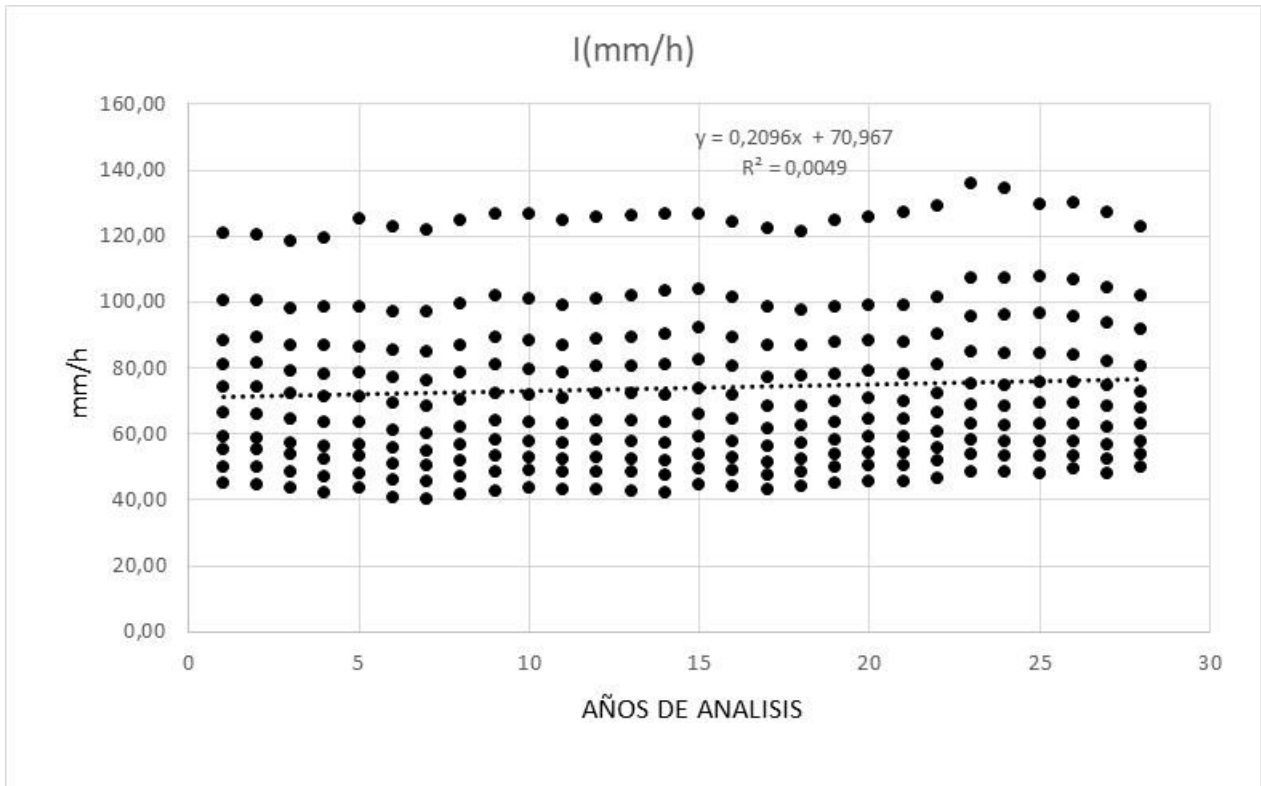


Figura 9.- Serie total de las intensidades máximas independientes de la duración.

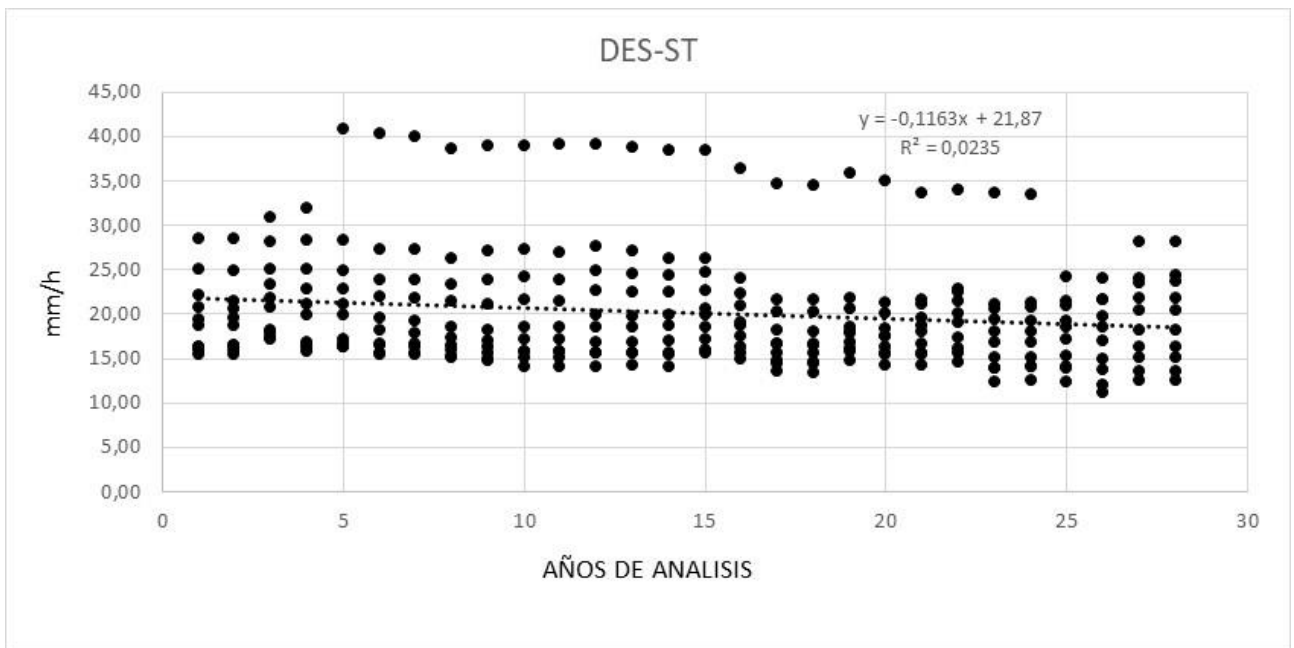


Figura 10.- Serie total de la desviación estándar de las intensidades, independientes de la duración.

Mayor Información

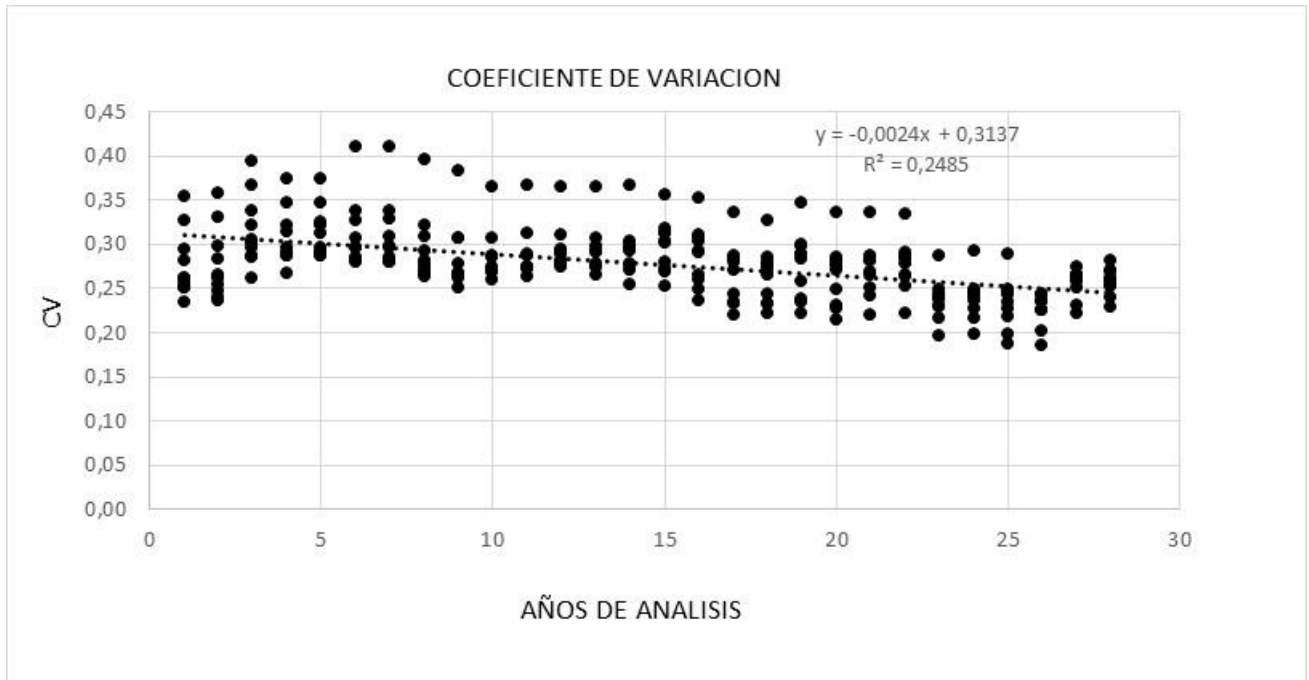


Figura 11.- Serie total del coeficiente de variación de las intensidades máximas, independientes de la duración.

Tabla 5.- Estimación de las intensidades para duraciones de 10,50 y 100 minutos y periodos de retorno de 50 y 100 años

PERIODO RETORNO	DURACION (min)		
	AÑOS	10	50
50	217,9	119,6	85,9
100	244,5	134,2	96,3

CONCLUSIONES

- Las precipitaciones totales anuales en la estación del Aeropuerto Rafael Núñez muestran una tendencia de crecimiento del orden de 5,2 mm/año, con un aumento de la desviación estándar de 7,4 mm/año, manteniendo constante el coeficiente de variación del orden de 0,3.
- Las precipitaciones máximas en 24 horas, tienden a ser constantes con el tiempo mostrando una leve disminución. El coeficiente de variación es decreciente con un decaimiento de 0,26 mm/año, mientras que el coeficiente de variación tiende a ser constante con un valor de 0,43.
- Las intensidades máximas son independientes del tiempo, aunque muestran un leve incremento de 0,21 mm/h/año, con una varianza que disminuye 0,12mm/hora/año, y un coeficiente de variación que tiende a 0,31.
- Existe una correlación significativa entre las intensidades máximas y las precipitaciones máximas en 24 horas(0,53) y entre las intensidades máximas y las precipitaciones totales anuales(0,40), pero eso no significa que un aumento o

Mayor Información



disminución de las precipitaciones totales anuales o máximas en 24 horas, produzca similar comportamiento en las intensidades máximas.

- Al comparar las intensidades calculadas para periodos de retorno de 50 y 100 años y compararlas con las proyecciones a 50 y 100 años con sus límites de variación, para diferentes duraciones, (son dos conceptos diferentes) se encontró que los valores calculados con la IDF, son superiores.
- Un crecimiento de las precipitaciones totales anuales no implica un crecimiento de las precipitaciones máximas en 24 horas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Almanza, L; Martínez, O; Velásquez, R. 1995. Pre diseño del alcantarillo pluvial del sector de San Vicente de Paul Cartagena de Indias. Ref.: Universidad de Cartagena Biblioteca Campus Piedra de Bolívar.

Barrios, Puello L, 2008. Actualización de Las Curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) de La Estación del Aeropuerto Rafael Núñez de La Ciudad de Cartagena. Ref. Universidad de Cartagena Biblioteca Campus Piedra de Bolívar.

Gonzalez Alvarez Alvaro y Coronado Hernandez Oscar. Effect of the Non-Stationarity of Rainfall Events on the Design of Hydraylic Structures for Runoff Management and its applications to Case Study at Gordo Creek Watershed in Cartagena de Indias , Colombia. MDPI, Fluids 2018,3, 27;doi:10.3390/fluids3020027. www.mdpi.com/journal/fluids.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (GIREH), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. 2016. CURVAS INTENSIDAD DURACION FRECUENCIA - IDF ESTACIÓN: APTO RAFAEL NUÑEZ (CARTAGENA DE INDIAS).

Fuente:http://www.ideam.gov.co/documents/10182/24541172/IDF_14015020_APTO_RAFAEL_NUNEZ.pdf/39e540c6-e799-4e4e-8271-a248932740cd?version=1.0.

Herrera Herrera Jose, Llamas Castro Alejandro. Actualización de las Curvas de Intensidad Duración Frecuencia(IDF) para la Estación Aeropuerto Rafael Núñez, de la ciudad de Cartagena de Indias D.T.C. Informe final de grado, como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad de Cartagena- 2018. (Sin publicar)

Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Abientales (IDEAM). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100, Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá Colombia, marzo del 2015. 60 pag.

Mayor Información



Sociedad Colombiana
de Ingenieros



Sociedad Tolimense
de Ingenieros

**XXIII Seminario
Nacional
DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA**

Obeysekera Jayantha and Salas Jose D. Quantifying the Uncertainty of Design Floods under Nonstationary Conditions. Journal of Hydrologic Engineering ASCE/july 2014, 19(7) pag 1438-1446.

Obeysekera Jayantha and Salas Jose D. Frequency of Recurrent Extremes under Nonstationarity. Journal of Hydrologic Engineering ASCE/ 2016, 21(5) .04016005.pag 1-9.

Poveda German y Álvarez Diana Milena, El colapso de la hipótesis de estacionaridad por cambio y variabilidad climática : Implicaciones para el diseño hidrológico en Ingeniería. #36. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá D.C. Colombia.Enero –junio del 2012, pp 65-76.

Puello López Sindy y Romero Valiente Eliana. Propuesta Metodológica para la Elaboración de curvas Intensidad- Duración –Frecuencia, Utilizando Distribuciones Mixtas de Probabilidad. Caso de Estudio, Estación Sinóptica Principal, Aeropuerto Rafael Núñez. Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena 2012.

Vent Te Chow, David R. Maidment, y Larry W.Mays. (1996). Hidrologia Aplicada. McGraw-Hill-Interamericana. S.A. Santa Fe de Bogotá Colombia, 584 pag.

Mayor Información

Comisión Técnica Permanente
de Ingeniería de Recursos Hídricos

 57 (1) 5550520  logistica@sci.org.co



ANEXO

AÑOS	INTENSIDADES MAXIMAS DE PRECIPITACION(mm/h)										PT	P24
	DURACION MINUTOS										TOTAL ANUAL	MÁXIMA (24h)
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	mm(PT)	mm(P24)
1970	126	77	60	64	61	56	60	56	52	49	1574	157
1971	101	90	80	81	72	61	53	47	42	38	926	105
1972	127	116	106	106	97	90	84	82	79	72	697	120
1973	122	118	103	87	76	65	57	51	46	36	1358	74
1974	155	132	115	105	106	99	62	84	75	68	794	126
1975	142	109	96	90	84	75	65	58	54	50	1127	102
1976	75	63	61	53	43	37	36	33	30	27	712	54
1977	117	88	71	55	47	41	37	34	31	29	582	61
1978	119	109	94	85	73	62	53	47	26	24	995	69
1979	144	123	107	92	80	72	66	59	55	50	1498	121
1980	120	90	80	73	72	70	69	69	67	64	1041	136
1981	98	75	68	67	63	63	59	56	52	51	1340	124
1982	103	73	81	77	72	67	63	59	55	50	878	98
1983	112	98	77	68	64	53	50	45	40	20	349	63
1984	180	150	138	119	107	95	84	75	68	61	1131	103
1985	172	146	130	127	114	103	91	83	76	69	1219	165
1986	136	110	79	67	72	52	45	40	36	33	693	65
1987	102	91	84	84	74	68	61	55	49	46	1351	171
1988	86	75	69	64	54	46	40	35	32	31	1434	115
1989	78	74	70	60	55	50	45	39	36	32	1378	202
1990	114	84	76	68	59	53	51	48	44	40	806	78
1991	63	41	31	32	31	27	23	20	18	16	378	33
1992	153	119	106	94	81	72	62	55	50	46	1053	162
1993	233	119	99	89	77	68	66	66	63	61	1165	133
1994	111	107	88	76	64	54	46	41	37	11	789	55
1995	123	111	93	79	64	55	51	48	48	45	1558	75
1996	133	111	100	96	83	75	68	62	56	51	1209	99
1997	153	135	116	101	89	80	71	64	59	54	714	100
1998	121	91	72	62	56	53	45	40	41	37	870	84
1999	105	83	78	68	61	57	53	48	45	42	1559	104
2000	133	127	120	111	102	95	87	77	69	62	767	110
2001	110	91	83	75	65	59	53	47	45	44	893	77
2002	112	101	97	81	67	57	50	46	43	40	651	69
2003	118	114	113	99	98	97	92	84	78	72	1156	160
2004	125	100	84	76	68	65	60	58	55	52	1257	148
2005	134	90	79	63	53	48	54	51	47	43	1077	74
2006	116	86	77	72	69	67	66	62	57	52	1045	122
2007	172	113	104	99	98	95	86	83	77	72	1860	184
2008	111	88	82	83	75	67	58	51	46	41	1025	95
2009	101	69	55	42	37	41	40	38	35	33	488	61
2010	151	131	128	119	104	93	83	74	67	60	2551	145
2011	200	157	138	113	93	81	73	65	59	54	2100	152
2012	128	125	112	89	73	62	54	48	43	39	1002	87
2013	140	124	109	88	95	83	72	64	58	52	827	87
2014	114	94	72	65	67	61	52	48	43	39	621	103
2015	65	59	54	42	36	36	32	29	26	23	353	42
2016	136	122	108	95	83	73	66	63	57	52	826	174

Mayor Información