# FACTOR DE REDUCCIÓN POR ÁREA PARA EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

S. Sánchez, F. J. González, R. Domínguez y A. Hernández

Coordinación de Hidráulica, Instituto de Ingeniería, UNAM, Circuito escolar s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, México.

E-mail: ssanchezm@iingen.unam.mx; fgonzalezv@iingen.unam.mx;
rdominguezm@iingen.unam.mx; ahernandezhe@iingen.unam.mx

#### Introducción

En una región específica no se presentan, generalmente, las lluvias máximas en diferentes puntos al mismo tiempo. La simultaneidad se define como la correcta medición de un evento hidrológicos máximo en un mismo tiempo y en diferentes lugares (Torres, 2013)

La tormenta de diseño puede obtenerse con cierta facilidad a través del análisis regional de precipitaciones. Sin embargo, al promediar espacialmente las lluvias puntuales asociadas a un determinado periodo de retorno se tiende a sobre estimar la lluvia real al no considerar las lluvias máximas ocurridas en forma simultánea en distintas estaciones de registro. Si se toma la lluvia puntual como lluvia aereal en un área de estudio, esta estimación será mayor a la que se presenta en la realidad.

Por esta razón, para convertir precipitaciones puntuales en precipitaciones aereales, conviene afectar la lluvia puntual por el FRA (Factor por Reducción por Área) para tener una precipitación de diseño mucho más cercana a la precipitación real que pueda ocurrir en una zona dada.

# Objetivo

Este trabajo pretende calcular el Factor de Reducción por Área para precipitaciones con duración de 24 h. para el estado de Tabasco, México.

## Metodología

El estado de Tabasco, ubicado en el golfo de México, cuenta con una red de estaciones climatológicas en la que la lluvia con duración de un día, es registrada a través de la base de datos Climate Computing Project (CLICOM).

Se utiliza un método empírico de análisis de frecuencias, el cual consiste en relacionar las lluvias máximas diarias anuales en cada estación, sin tomar en cuenta el día en que se presenta cada máximo, con las lluvias simultáneas ocurridas el día en que el promedio de las estaciones es máximo. Estas áreas están determinadas por círculos que encierran al menos tres estaciones con 15 años de registro en común (Sánchez, 2017).

Para obtener los registros simultáneos se promedian las precipitaciones de cada día del año de las estaciones que se ubican dentro del círculo (mínimo 3 estaciones), en seguida, se obtiene el valor de estos promedios. El valor obtenido será el registro simultáneo para cada año. El registro no simultáneo se obtiene al promediar los máximos diarios anuales de precipitación de cada estación. Este procedimiento se repite para cada año de registro en común con el que cuenten las estaciones (Sánchez, 2107).

**Tabla 1.-** Obtención de registros no simultaneous para un año de registro en común.

		C		
Est.	Día 1	Día 2		Día 365
1	$x_1$	$x_2$		x <sub>365</sub>
2	$x_1$	$x_2$	•••	x <sub>365</sub>
3	$x_1$	$x_2$	•••	x <sub>365</sub>
	$\sum_{i=1}^{n} \frac{x_1}{n}$	$\sum_{i=1}^{n} \frac{x_2}{n}$		$\sum_{i=1}^{n} \frac{x_{365}}{n}$

**Tabla 2.-** Obtención de registros no simultáneos para un año de registro en común.

Est.	Día 1	Día 2		Día 365	Máximo
1	$x_1$	$x_2$	•••	x <sub>365</sub>	$M$ á $x(x_1, x_2, x_{365})$
2	$x_1$	$x_2$	•••	x <sub>365</sub>	$M$ á $x(x_1, x_2, x_{365})$
3	$x_1$	$x_2$		x <sub>365</sub>	$M$ á $x(x_1, x_2, x_{365})$
					$\sum_{i=1}^{m} \frac{M \land x(x_1, x_2, \dots x_{365})}{m}$

Una vez obtenidos los registros simultáneos y no simultáneos, se obtiene un FRA' para cada año de registro con el siguiente cociente

$$FRA' = \frac{P_S}{P_{nS}}$$

Donde

FRA' Es el Factor de Reducción por Área para cada año de registro en común.

 $P_{\rm S}$  es el promedio de lluvias máximas diarias anuales simultáneas de cada año de registro en común

 $P_{ns}$  es el promedio de lluvias máximas diarias anuales no simultáneas de cada año de registro en común.

El FRA medio para el número de estaciones contenidas en un círculo, se obtiene al realizar el cociente entre los FRA' obtenido para cada año de registro entre y el número de años.

Finalmente, a los FRA medios obtenidos para cada año de registro en común, se le ajustan funciones de distribución de probabilidad de tipo Doble Gumbel para estimar valores asociados a distintos periodos de retorno.

#### Caso de aplicación

El único criterio para realizar la combinación de estaciones es que cuenten con 15 años de registro en común y que en cada círculo queden contenidas al menos 3 estaciones.

De esta manera, se realizaron diferentes combinaciones de estaciones encerradas en círculos de diferentes áreas como se muestra en la siguiente figura:

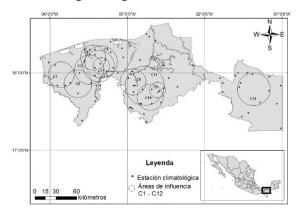


Figura 1.- Estaciones y su área de influencia en Tabasco, México.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo del cálculo del FRA para 5 años de registro en común de las estaciones 27003, 27015, 27049. En el año 2011, por ejemplo, las lluvias máximas simultáneas correspondientes a un día fueron de 120 mm mientras que las no simultáneas fueron de 136.93 mm, también para una duración de un día, el cociente de simultáneos entre no simultáneos es 0.8793 que es el valor de FRA' para 2011.

**Tabla 3.-** Ejemplo de máximos simultáneos y no simultáneos para 5 años de registro en común.

Año	Estación	No. Estaciones	Simultáneo	No simultáneo	FRA
2011	27003			120.8	
2011	27015			100.6	
2011	27049			189.4	
2011	PROMEDIO	3	120.4000	136.9333	0.8793
2012	27003			111.9	
2012	27015			157	
2012	27049			122.2	
2012	PROMEDIO	3	106.9000	130.3667	0.8200
2013	27003			127	
2013	27015			115.1	
2013	27049			96.8	
2013	PROMEDIO	3	84.7333	112.9667	0.7501
2014	27003			120.3	
2014	27015			107.5	
2014	27049			84.9	
2014	PROMEDIO	3	87.4667	104.2333	0.8391
2015	27003			86.8	
2015	27015			122.3	
2015	27049			164.7	
2015	PROMEDIO	3	96.8333	124.6000	0.7772

Promedio 0.8131

De esta manera se realiza este procedimiento para las otras combinaciones de estaciones con sus áreas de influencia para obtener un FRA medio para cada una de estas combinaciones. En este estudio se realizaron 12 combinaciones asociadas a 1 áreas.

Finalmente se realiza calcula una ecuación que correlaciones los FRA medios calculados con su área de influencia.

### Resultados

La siguiente tabla muestra los FRA medios obtenidos para las 12 combinaciones de estaciones y círculos.

Círculo	Área	FRA medios	
	km²		
1	1095.5387	0.6992	
2	1264.7793	0.8333	
3	1386.2431	0.7048	
4	457.4062	0.7733	
5	1611.3197	0.6801	
6	1689.6674	0.7140	
7	1043.4618	0.6100	
8	1095.5387	0.7385	
9	402.8299	0.7779	
10	1112.8234	0.7874	
11	2490.8552	0.6562	
12	1755.7631	0.5967	

La ecuación que correlaciona los FRA con sus áreas y influencia y con la que se puede calcular el FRA medio para cualquier área deseada a partir de los resultados de este estudio es, en este caso de tipo logarítmico, a saber:

$$FRAmed = -0.43 \ln(\acute{A}rea) + 1.035$$

#### Conclusiones y recomendaciones

El FRA se va alejando de la unidad cuando el área aumenta, esto indica que las lluvias en el estado de Tabasco son en áreas muy extensas. Esto se verifica debido a que en este sitio de México se presentan precipitaciones con origen en ciclones tropicales y huracanes que son, efectivamente, lluvias en áreas muy grandes.

# Referencias bibliográficas

**Sánchez S.** (2017). "Factor de Reducción por Área para el estado de Sonora". *Congreso Nacional De Hidráulica*, Acapulco, Guerrero, México.

Sánchez S. (2017). "Actualización de los Factores de Reducción por Área para distintas regiones de la república mexicana". *Tesis de Maestría, Posgrado de Ingeniería,* UNAM, México.

**Torres N**. (2013). "Obtención de Factores de Reducción por área usando el método de regionalización. Aplicación a la cuenca del río Sonora". Tesis de Maestría, Posgrado de Ingeniería, UNAM, México.