



SERVICIOS DE
**AGUA Y
DRENAJE**
DE MONTERREY, I.P.D.



Trámite de Emisión del Dictamen Pluvial

Adendum a la Guía del usuario

Metodología simplificada aplicable para Proyectos de consolidación

1ra Edición

Fecha de publicación: 28 de abril de 2026

Responsables

Alexa Gabriela Cantú Gutiérrez

Eduardo Pérez Bravo

Mauricio Alejandro Araujo Calderón

Óscar Mauricio Hernández Aranda

Juan Carlos Rodríguez Pomposo

www.sadm.gob.mx

Matamoros 1717 Pte. Col. Obispado, Mty, N.L. C.P. 64060 | Tel. 81 2033 2033

 Agua y Drenaje de Monterrey  ayd_monterrey  @ayd_monterrey  ayd_monterrey



SERVICIOS DE
**AGUA Y
DRENAJE**
DE MONTERREY, I.P.D.



Agradecimientos para el Mtro. Doroteo Treviño Puente por su valiosa ayuda en la obtención de los datos utilizados como insumo técnico en la elaboración de este documento.

www.sadm.gob.mx

Matamoros 1717 Pte. Col. Obispado, Mty, N.L. C.P. 64060 | Tel. 81 2033 2033

 Agua y Drenaje de Monterrey  ayd_monterrey  @ayd_monterrey  ayd_monterrey



Índice

Resumen	5
1. Introducción.....	6
2. El caso del Proyecto de Consolidación	8
2.1. Antecedentes de manejo de escurrimiento	10
3. Caracterización de las lluvias en Monterrey y su Área Metropolitana	12
3.1. Datos.....	12
3.2. Metodología	13
3.2.1 Cuantificación de las tormentas.....	13
3.2.2 Cálculo de Intensidades	15
3.2.3 Cálculo de gastos	16
3.2.4 Cálculo de Volumen.....	17
3.3. Resultados	19
3.3.1 Cuantificación de las tormentas.....	19
3.3.2 Intensidades	24
3.3.3 Gastos	30
3.3.4 Volumen.....	41
3.4. Conclusiones de análisis de tormentas en el Área Metropolitana de Nuevo León.	53
4. Procedimiento de estudio hidrológico alternativo propuesto.....	55
4.1 Ubicar predio y definir sus características	55
4.2 Asignar Lluvias de Diseño	56
4.3 Calcular Gasto de Salida Máximo	58
4.4 Calcular Volumen a Regular.....	59
4.4.1 Calcular Volumen a Regular Minorado	61
4.5 Calcular Gasto de Excedencia.	62



SERVICIOS DE
**AGUA Y
DRENAJE**
DE MONTERREY, I.P.D.



EL GOBIERNO DEL
NUEVO
NUEVO LEÓN

4.6	Requerimientos del Diseño Hidráulico	62
5.	Solución Conceptual Estándar	64
6.	Consideraciones finales.	67
	Bibliografía	68



Resumen

El presente trabajo muestra un procedimiento alternativo al descrito en la Guía del Usuario. Trámite de Emisión de Dictamen Pluvial. Será aplicable a Proyectos de Consolidación. Estos, pueden optar por utilizar el procedimiento que aquí se presenta.

Este trabajo, se estructura de la siguiente forma:

Introducción.

Descripción y definición del término: "Proyecto de Consolidación".

Caracterización de las tormentas que se presentan en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) con emisión de conclusiones a partir del análisis de datos de precipitación registrados en las estaciones climatológicas automatizadas (EMAS) con cobertura espacial en el AMM.

A partir de las conclusiones, se propone la obtención de las tormentas de diseño para aplicar el método alternativo en Proyectos de Consolidación.

Se describe el Procedimiento propuesto.

Finalmente se presenta una solución conceptual de ejemplo.

El presente adendum complementa la Guía del Usuario ya publicada y presenta una opción de cálculo simplificado en el marco de las atribuciones que SADM tiene en este tema.

1. Introducción

Cuando la superficie de una cuenca es intervenida cubriendo el terreno natural por calles y otras construcciones se induce un cambio en las condiciones que intervienen en el escurrimiento del agua.

El impacto hidrológico cero o impacto pluvial cero es un concepto de urbanismo que busca que los terrenos urbanizados o construidos mantengan un escurrimiento pluvial similar a su estado natural. Implica retener un volumen y “regresar” el caudal a la condición original. Esto ayuda a evitar inundaciones y sobrecarga en drenajes o vialidades.

En el presente estudio se consideran los criterios aplicables a proyectos que cumplen con los siguientes requisitos:

- Se encuentran desarrollados o construidos en su totalidad dentro de una superficie menor a 15,000 m² y no forma parte de un desarrollo por etapas.
- Que la construcción realizada dentro de la superficie establecida se encuentre en una zona impactada, es decir, rodeada, circundada de lotes ya desarrollados en una zona habitacional, industrial, residencial, comercial o mixta.

En adelante, estos casos serán mencionados en este trabajo como Proyectos de Consolidación. Se excluyen los siguientes casos:

- Predios donde se presente un escurrimiento que provenga de una cuenca externa al mismo
- El predio se encuentre en una zona de riesgo hidrometeorológico o geológico, de acuerdo con el Atlas de Riesgos municipal, del Estado de Nuevo León, federal, o bien exista un riesgo identificable.

En la Ilustración 1. se muestra un ejemplo gráfico de un Proyecto de Consolidación y un proyecto de grandes extensiones.



Ilustración 1.-Proyectos de Consolidación en un entorno urbano y desarrollo de grandes dimensiones.. Imagen generada con IA Fuente (Google Gemini, 2026).

2.El caso del Proyecto de Consolidación

A continuación, en la Ilustración 2 se presentan un par de desarrollos como ejemplos. El caso A corresponde a un desarrollo de varios lotes y tiene además una extensión considerablemente más grande al de un desarrollo como el de la Figura B de la misma Ilustración, el cuál es un Proyecto de Consolidación.

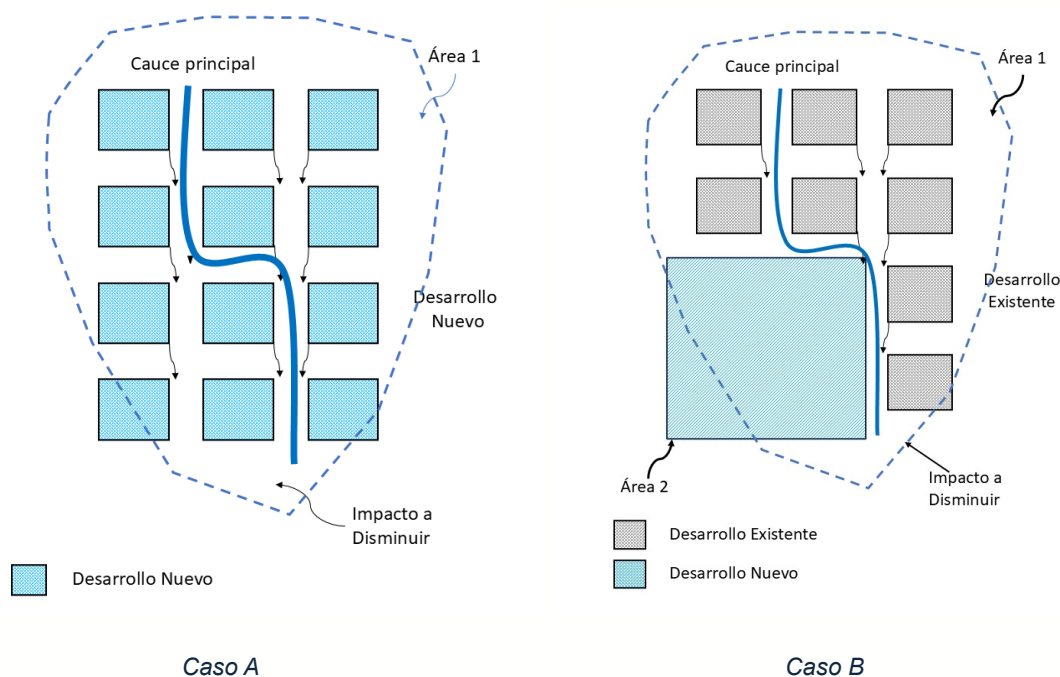


Ilustración 2.-Cuenca en un desarrollo grande. Dibujo conceptual Fuente. Elaboración propia.

En el caso de predios de grandes extensiones, es muy común que los desarrollos abarquen cuencas completas, lo que genera afectaciones en predios aguas abajo. Se pueden afectar predios aguas abajo, pero, además se pueden producir inundaciones dentro del desarrollo como producto de su propio cambio en el uso de suelo.

Sin embargo, cuando se trata de predios pequeños, la inundación dentro del predio, si es que se da, es provocada por los escurrimientos que se generan en otros lotes.

En la Ilustración 3 se muestra un esquema de como una cuenca reacciona ante una lluvia. Cada sub cuenca genera su propio escurrimiento y al final se juntan todos los escurrimientos.

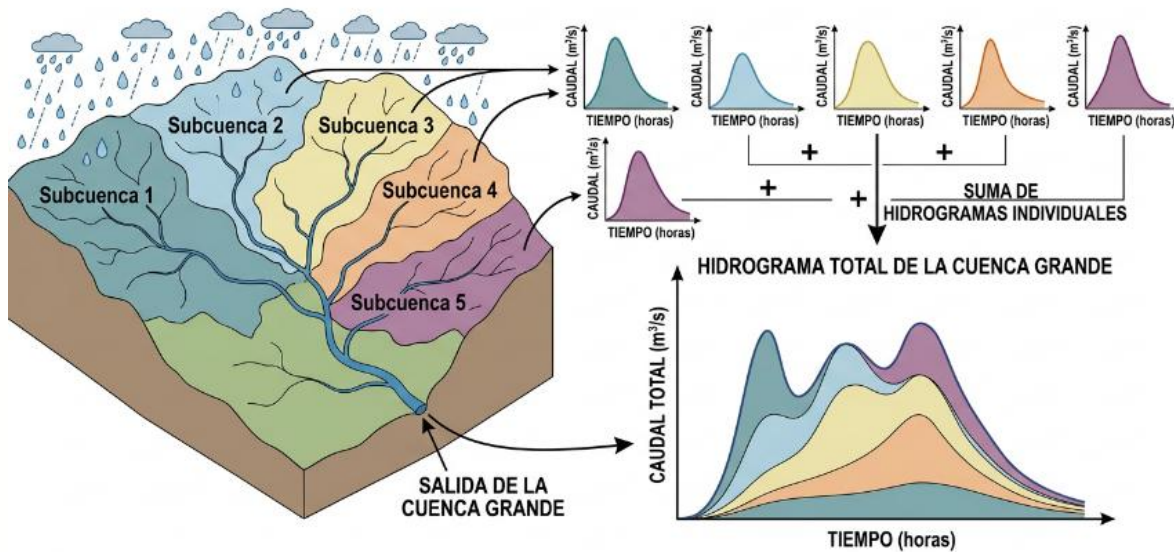


Ilustración 3. Combinación de diferentes sub cuencas. Imagen generada con IA Fuente (Google Gemini, 2026)

Es por ello, que en la Guía del Usuario se especifica que se debe analizar el aporte de la cuenca de estudio en combinación de la cuenca donde vierte el agua.

En el caso de un Proyecto de Consolidación la combinación de varios lotes urbanizados provoca afectaciones aguas abajo sobre las corrientes naturales de la cuenca.

En la Tabla 1 se muestran otras diferencias detectadas.

Tabla 1. Diferencias entre desarrollos grandes y los Proyectos de Consolidación.

Desarrollos de varios Lotes	Casos de Proyectos de Consolidación.
Un solo terreno grande suele dividirse en varios lotes	Se tiende a construir en un predio ya lotificado o bien, fusionar dos o más ya existentes
Generalmente se da sobre predios no urbanizados previamente	Generalmente se presenta en predios ya urbanizados o semi urbanizados
El cambio de uso de suelo que provoca un solo desarrollo es capaz de provocar inundaciones más frecuentes aguas debajo del desarrollo	El cambio de uso de suelo que provoca este tipo de desarrollo solo es capaz de provocar inundaciones cuando se conjuga con otros predios urbanizados
El criterio para escoger la lluvia más desfavorable incluye calcular el tiempo de concentración del predio estudiado	El tiempo de concentración en el predio afectado es tan pequeño que las tormentas asociadas no pueden ser evaluadas con metodologías para estimar tormentas máximas de tan corta duración.
Es necesaria la creación de nueva infraestructura de redes de agua potable y drenaje de orden público	El nuevo edificio debe conectarse a infraestructura ya existente

Es de destacar que el reto técnico de diseñar la construcción en un Proyecto de Consolidación no implica conjugar el diseño de las redes de agua potable, de drenaje pluvial y de drenaje sanitario para que no interfiera dicha infraestructura entre sí.

Con base en estas diferencias se considera que vale la pena crear un procedimiento alternativo más sencillo para estos casos.

2.1. Antecedentes de manejo de escurrimiento

En otros países se han tomado medidas pensadas para retener el agua con diferentes criterios, sin embargo, no se encontró el caso de manejo de escurrimiento en desarrollos similares a lo que en este documento se define como Proyectos de Consolidación en específico.

En otras entidades de México además de Nuevo León se tienen las siguientes legislaciones.



- En el caso de la Ciudad de México la Ley de Planeación Sustentable, establece que los desarrollos verticales deben tener capacidad de almacenar toda el agua de una lluvia de una hora con un periodo de retorno de diez años.
- En el caso de Jalisco se solicita un estudio hidrológico solo cuando se tiene un área afectada de 10 hectáreas, si el área es menor a esto, el organismo operador de agua y drenaje, tiene la obligación de establecer criterios directos. A diferencia de Nuevo León, en Jalisco no existe un organismo operador para todo el estado.
- En el caso del Estado de México se realiza un “plan de manejo pluvial” y lo deben presentar para los desarrollos de vivienda, plazas comerciales y desarrollos industriales.
- En Querétaro no se maneja el concepto de impacto pluvial cero, pero su reglamentación ya contempla un enfoque similar al de Monterrey. La ley Obliga a realizar un estudio hidrológico a todos los desarrollos.

En el caso del estado de Nuevo León. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey I.P.D. (SADM) es la encargada de solicitar y evaluar el impacto pluvial cero en el marco del ACUERDO ADMINISTRATIVO MEDIANTE EL CUAL SE ESTABLECEN LAS DISPOSICIONES GENERALES PARA TRÁMITES PRESTADOS POR SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, I.P.D., PRIMERA ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN DIGITAL”, publicado en el tomo CLXII número 104 del Periódico Oficial Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Nuevo León, el día 11 de agosto de 2025, en el cual se establece en el capítulo decimosexto que: “...Para realizar el trámite, el solicitante deberá presentar el formato oficial debidamente llenado, así como los requisitos establecidos por SADM. Validados los requisitos, la Coordinación de Planeación Hídrica de la Dirección de Ingeniería realizará el análisis técnico a fin de elaborar oficio de Dictamen Pluvial...”.

En este sentido, el “requisito establecido por SADM” es que se presente un estudio que cumpla con lo especificado en la Guía del Usuario, la cual presenta una metodología general para la determinación de las variables de diseño de un impacto pluvial cero sin distinguir los Proyectos de Consolidación.

3. Caracterización de las Lluvias en Monterrey y su Área Metropolitana

En este capítulo se ha buscado obtener las características que debería tener la retención basado únicamente en la lluvia que cae en Nuevo León. Se compara el caso de lluvias de una hora con un periodo de retorno de diez años con el resto de lluvias registradas porque esta duración suele ser de gran interés por considerarse que: *"El ciclo de vida de una tormenta convectiva ordinaria dura alrededor de una hora."* (León Cruz, 2025).

3.1. Datos

Se han obtenido datos de las Estaciones Meteorológicas Automatizadas (EMAs) que se mencionan en la Tabla 2. Estas registran los datos de lluvia a cada 10 minutos.

La tabla contiene la Clave corresponde a la asignada por el Sistema de Información Hidrológica de la CONAGUA. Quien es la generadora de la información que se ha analizado. Se menciona el Nombre Oficial de la Estación, Municipio y coordenadas de la ubicación de cada estación, así como altura sobre el nivel del mar. Finalmente, el periodo de observación de los datos que se obtuvieron en cada estación.

Tabla 2. Estaciones estudiadas en este documento.

CLAVE SIH	NOMBRE	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PERIODO DE OBSERVACIÓN
AS-06	Arroyo Seco	San Pedro Garza García	25.63406	-100.34328	765	2001-2017
CU-09	Ciudad Universitaria	San Nicolás de los Garza	25.73239	-100.30828	518	1999-2017
EZ-07	Estanzuela	Monterrey	25.59231	-100.24506	631	2002-2017
FE-04	Fierro	Monterrey	25.68245	-100.27169	504	1999-2017
MI-02	Mitras	Monterrey	25.73225	-100.37842	600	1997-2017
OB-05	Obispo	Santa Catarina	25.70106	-100.54189	824	2001-2017
PC-08	Protección Civil Estatal	Monterrey	25.65982	-100.33321	612	2002-2017
Radiosondeo Monterrey	Radiosondeo Monterrey	General Zuazua	25.85699	-100.2402	450	2008-2017
SM-01	San Martín	Monterrey	25.75319	-100.35133	558	1999-2017
Santa Catarina NL	Santa Catarina NL	Santa Catarina	25.67083	-100.46944	732	2009-2017

Los registros de las estaciones climatológicas fueron tomados desde el año 1999 a 2017. El periodo de observación varía entre 15 y 18 años en cada estación.

El mapa de la Ilustración 4 se muestra la ubicación de las estaciones mencionadas.

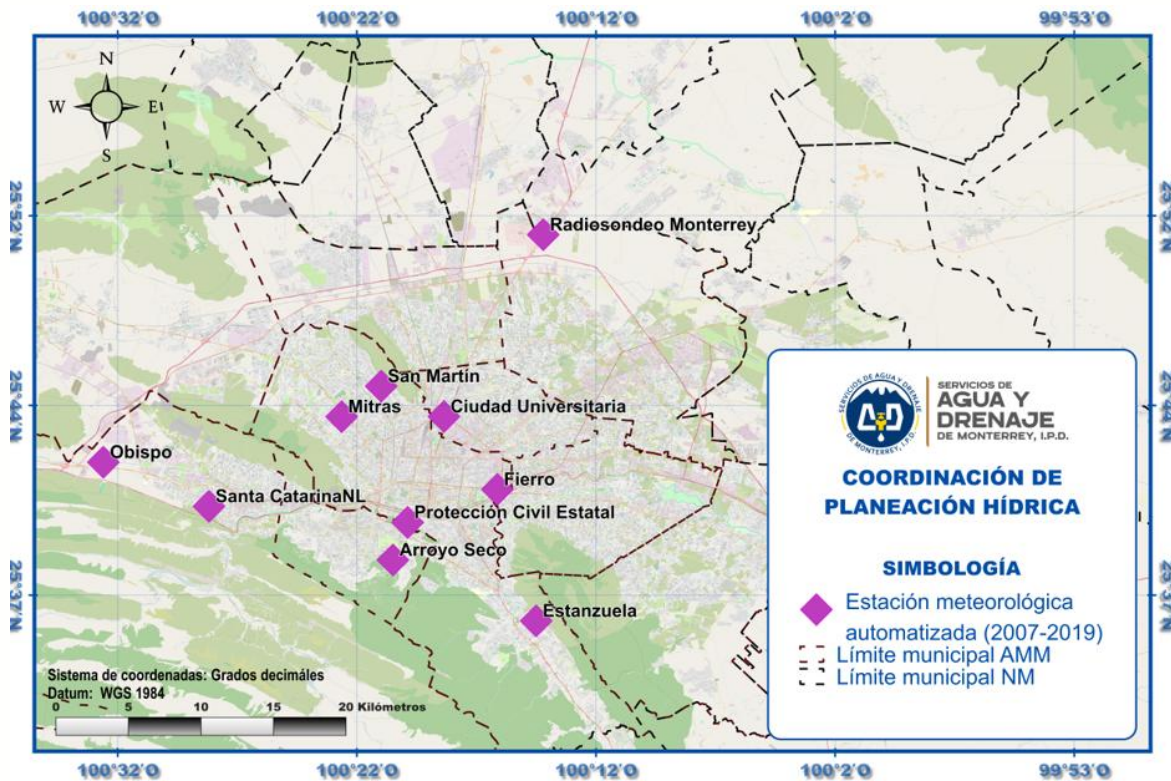


Ilustración 4 Ubicación de Estaciones Climatológicas utilizadas en este estudio Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

3.2. Metodología

El primer paso fue definir las tormentas partiendo de los datos. La cuantificación de las tormentas se realizó en cada una de las 10 estaciones antes listadas.

3.2.1 Cuantificación de las tormentas

Para diferenciar una tormenta se consideró lo siguiente:

- Una tormenta inicia cuando el registro de lluvia es diferente de 0 mm y finaliza cuando el registro vuelve a ser igual a cero.
- Antes de iniciar una nueva tormenta deben pasar un intervalo mínimo de tiempo de 40 minutos
- Si el registro vuelve a ser mayor que cero dentro de 30 minutos después de terminada la tormenta, se considera el registro dentro de la misma tormenta.

En la Ilustración 5 al se tiene el registro de una tormenta 1 en color naranja que incluye intervalos sin lluvia, la tormenta 2 se considera un evento diferente porque pasó 40 minutos sin lluvia.

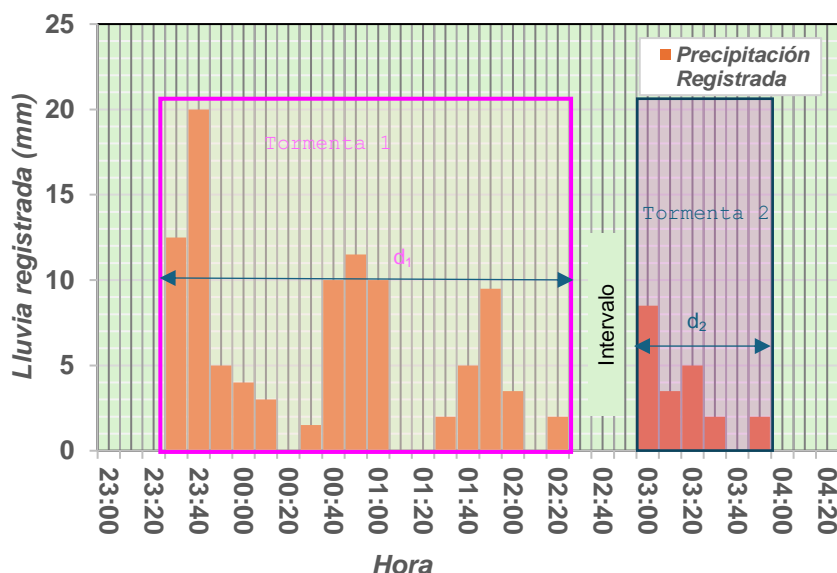


Ilustración 5 Ejemplo de registro en estación j.

La variable P_T^j es la lluvia acumulada de la tormenta T en la estación j se calcula con la formula

$$P_T^j = \sum_{i=1}^n r_i \quad \text{Ecuación 1}$$

donde

r es el valor del registro medido en cada uno de los intervalos de 10 minutos.

n es el número de registros en el intervalo de toda la tormenta.

después se obtuvo Im_T^j que es la intensidad media de la tormenta T , y la estación j con:

$$Im_T^j = \frac{P_T}{d_T} \quad \text{Ecuación 2}$$

donde

d_T es la duración de la tormenta T

3.2.2 Cálculo de Intensidades

Se obtuvieron las siguientes variables del registro de cada EMA.

$maxIm_d^j$. Es la máxima Intensidad medida de todas las tormentas de la misma duración d en la estación j .

$promIm_d^j$ Es el promedio de todas las intensidades medidas de la misma duración d en la estación j se obtuvo mediante el promedio de las lluvias de la misma duración en la misma estación.

$$promIm_d^j = \frac{\sum_{k=1}^{Nd} Im_{k,d}^j}{Nd} \quad \text{Ecuación 3}$$

donde

Im_{Td}^j es la intensidad media de una tormenta T de duración d en la estación j .

Se ubicaron las estaciones en los mapas de Isoyetas de la Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT, 2026).a través de dicha ubicación se asignaron las siguientes variables.

$I_{d,j}^{TR}$ es la intensidad máxima asociada a una duración d con periodo de retorno TR en la estación j .

donde d adquiere los valores de 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, y 180 minutos

y TR los valores de 10 y 50 años.

De estas, destacan:

$I_{60,j}^{10}$ es la intensidad máxima asociada a un periodo de retorno de 10 (diez) años con duración $d = 60$ minutos.

$I_{60,j}^{50}$ es la intensidad máxima asociada a un periodo de retorno de 50 (cincuenta) años con duración $d = 60$ en minutos.

Se realiza una comparación de los datos registrados en cada EMA contra los obtenidos de (SICT, 2026)

3.2.3 Cálculo de gastos

Se ha supuesto un gasto asociado a un terreno que contiene las estaciones en estudio y se han calculado utilizando la fórmula del método racional.

Q es el gasto asociado a una tormenta. Se calcula mediante la ecuación:

$$Q = 0.278 * C * I * A \quad \text{Ecuación 4}$$

donde

C es el coeficiente de escurrimiento, en este caso tomará los valores 0.25 para un terreno sin urbanizar y 0.9 para un terreno urbanizado. Es un número adimensional.

I es la intensidad de la lluvia medida en mm/hr.

A es el área medida en km^2 para fines prácticos se estableció una superficie 0.001 km^2 en todos los casos.

Se calcularon los siguientes gastos para efectos de comparación

- Gasto con $TR= 10$ años; $C=0.9$ que corresponde a un área urbanizada. Se calculó a partir de las intensidades de las Isoyetas de la SICT $I_{d,j}^{10}$ para diferentes duraciones

- Gasto con TR= 10 años; C=0.25 que corresponde a un área sin urbanizar. Se calculó partir de la intensidad obtenida de las Isoyetas de la SICT $I_{d,j}^{10}$ para diferentes duraciones
- Gasto TR= 50 años; C=0.9 que corresponde a un área urbanizada. Se calculó partir de las intensidades de las Isoyetas de la SICT $I_{d,j}^{50}$ para diferentes duraciones.
- Gasto TR= 50 años; C=0.25 que corresponde a un área sin urbanizar. Se calculó partir de las intensidades de las Isoyetas de la SICT $I_{d,j}^{50}$ para diferentes duraciones.

Se realizó una comparación con los gastos calculados a partir de los registros de cada estación.

- Gasto promedio para tormentas de duración d ; obtenido a partir de $promIm_d^j$ obtenida de los registros y con un coeficiente de C=0.25
- Gasto máximo para tormentas de duración d ; obtenido a partir de $MaxIm_d^j$ obtenida de los registros y con un coeficiente de C=0.25

Estos cálculos fueron realizados y graficados para cada una de las EMAs.

3.2.4 Cálculo de Volumen

El volumen fue calculado con la fórmula

$$V = 1,000 CPA$$

Ecuación 5

donde

P es la lluvia acumulada y se calcula con la fórmula

$$P = I * d$$

d es el tiempo que dura la tormenta. Se calcularon los siguientes volúmenes para cada estación.

Se calcularon los siguientes Volúmenes

- Volumen de TR= 10 años; C=0.9 que corresponde a un área urbanizada. Se calculó a partir de las intensidades de las Isoyetas de la SICT $I_{d,j}^{10}$ para diferentes duraciones
- Volumen de TR= 10 años; C=0.25 que corresponde a un área sin urbanizar. Se calculó partir de la intensidad obtenida de las Isoyetas de la SICT $I_{d,j}^{10}$ para diferentes duraciones
- Volumen de TR= 50 años; C=0.9 que corresponde a un área urbanizada. Se calculó partir de las intensidades de las Isoyetas de la SICT $I_{d,j}^{50}$ para diferentes duraciones.
- Volumen TR= 50 años; C=0.25 que corresponde a un área sin urbanizar. Se calculó partir de las intensidades de las Isoyetas de la SICT $I_{d,j}^{50}$ para diferentes duraciones.

Se realizó una comparación con los gastos calculados a partir de los registros de cada estación.

- Volumen promedio para tormentas de duración d ; obtenido con la fórmula del método racional a partir de la precipitación promedio $P_{prom_d}^j$ obtenida de los registros y con un coeficiente de C=0.9 para

$$P_{prom_d}^j = \frac{\sum_{l=1}^{Td,j} P_{l,d,j}}{Td}$$

donde

$P_{d,j}$ son los registros de Precipitación de la misma duración d , en cada tormenta l en la estación j .

Td es el número de tormentas registradas de duración d

- Volumen máximo para tormentas de duración d ; obtenido con la fórmula del método racional a partir de la precipitación máxima registrada $P_{max_d}^j$ obtenida de los registros y con un coeficiente de C=0.9

$$P_{max_d}^j = (P_{l,d,j})$$

3.3. Resultados

3.3.1 Cuantificación de las tormentas

En las Gráficas de la Ilustración 6 a la Ilustración 15 se muestra el número de tormentas agrupadas de acuerdo a su duración. Cada Gráfica corresponde a una estación en estudio. También se muestra en una línea el porcentaje acumulado y se señala la duración de 60 minutos que es de interés.

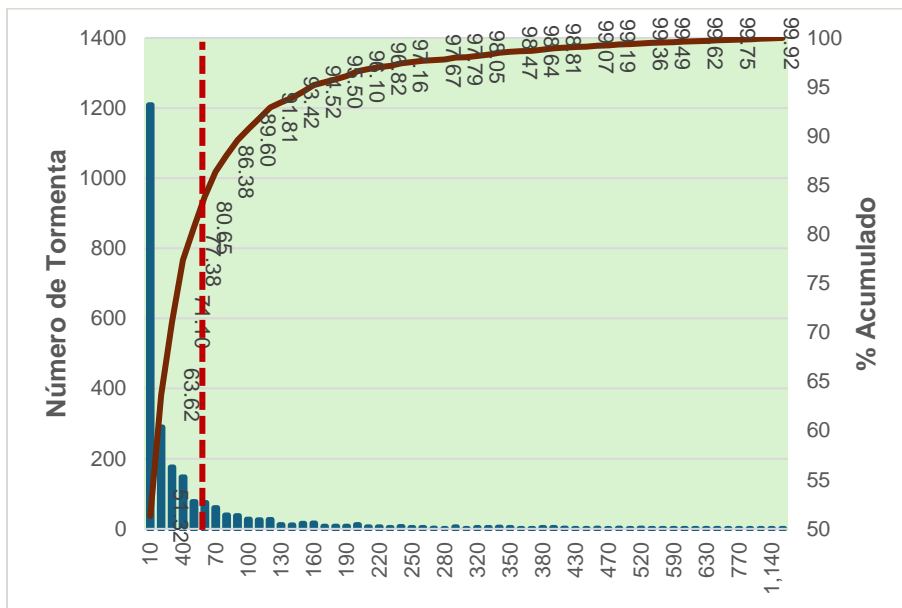


Ilustración 6 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Arroyo Seco. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

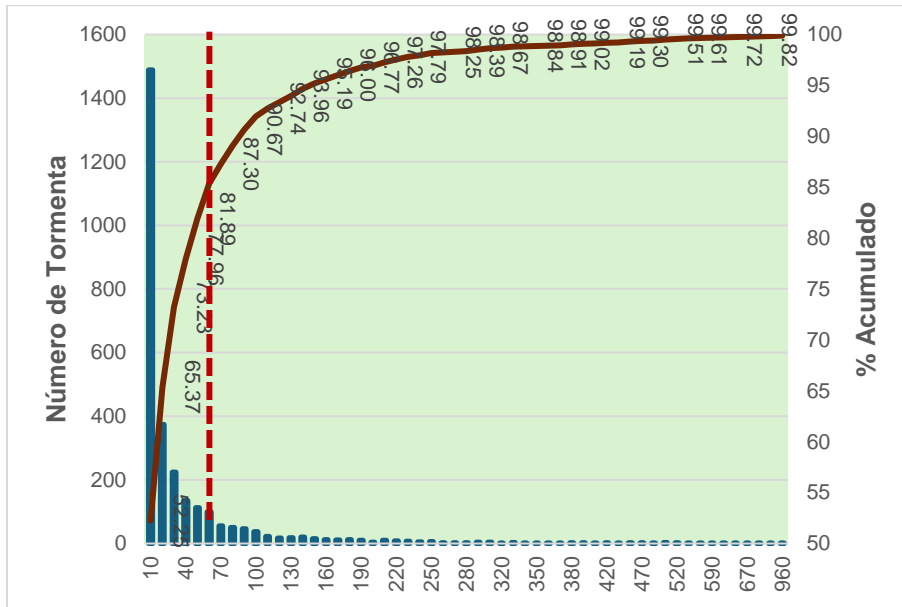


Ilustración 7 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Ciudad Universitaria. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

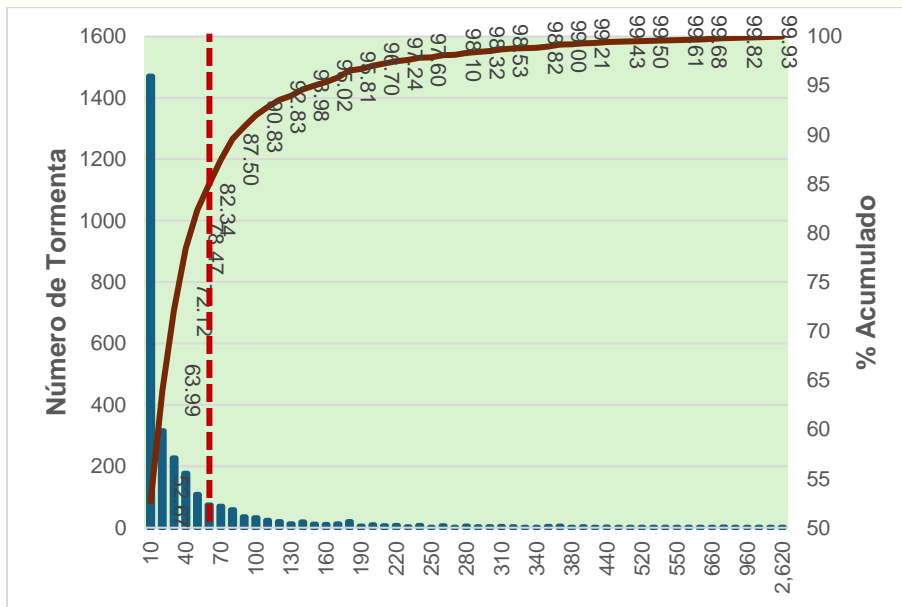


Ilustración 8 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Estanzuela. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.



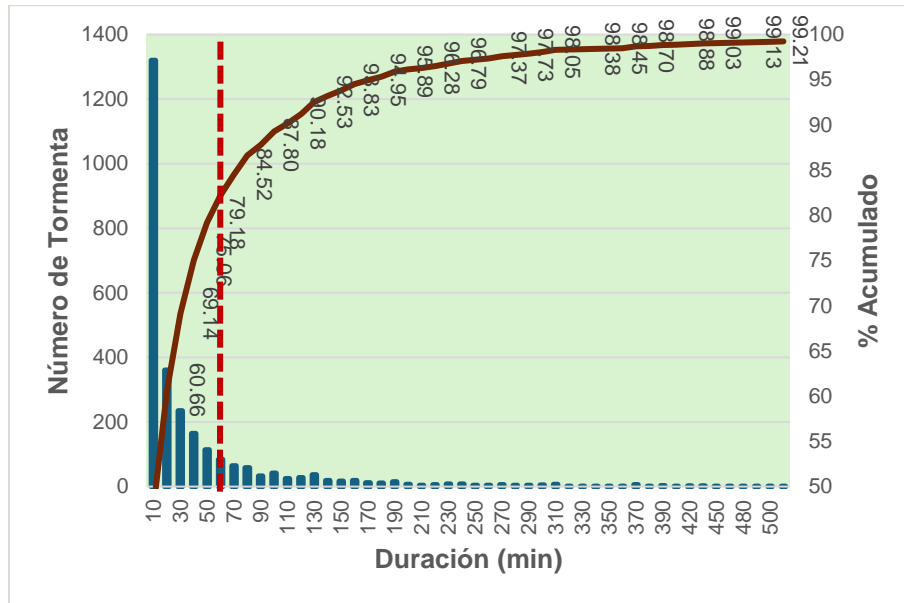


Ilustración 9 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Fierro. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

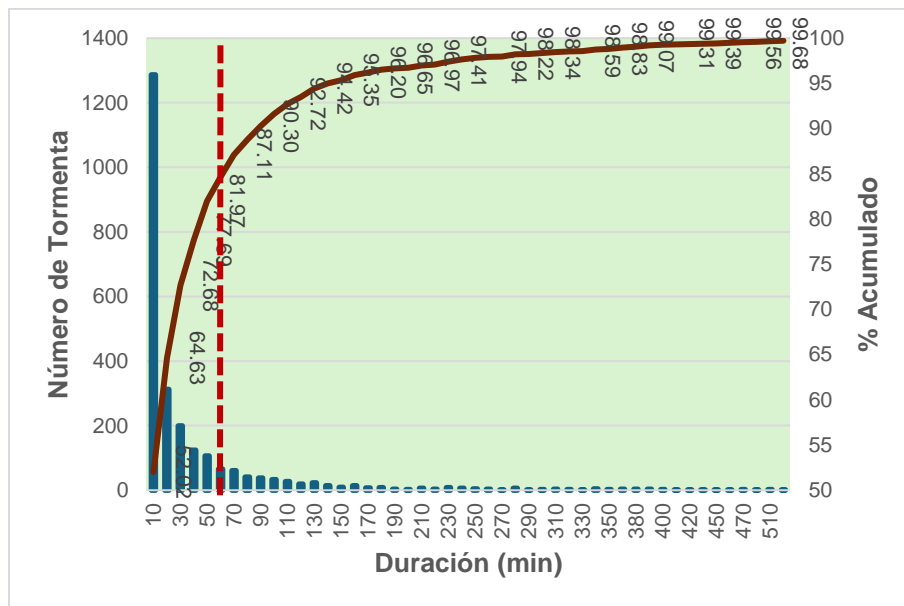


Ilustración 10 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Mitras. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

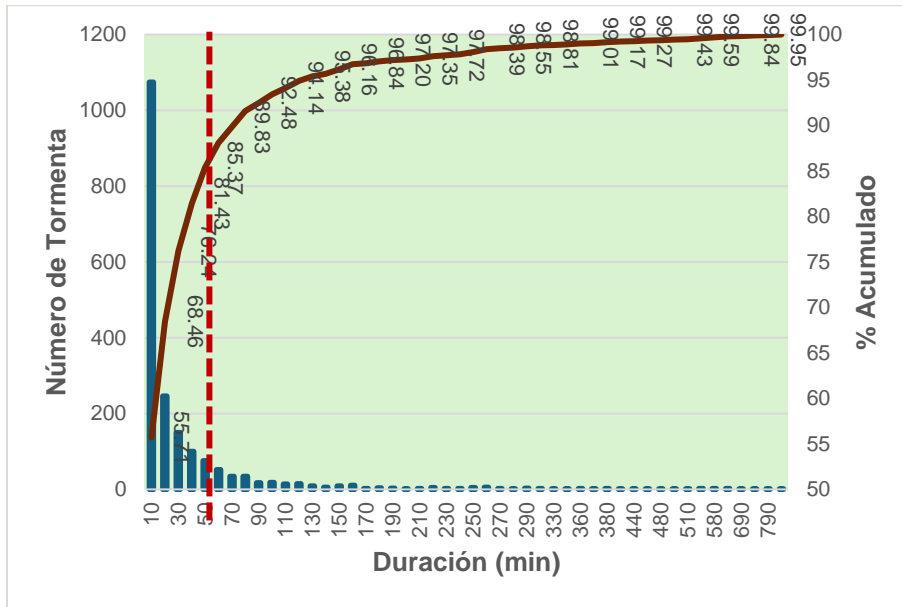


Ilustración 11 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Obispo. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

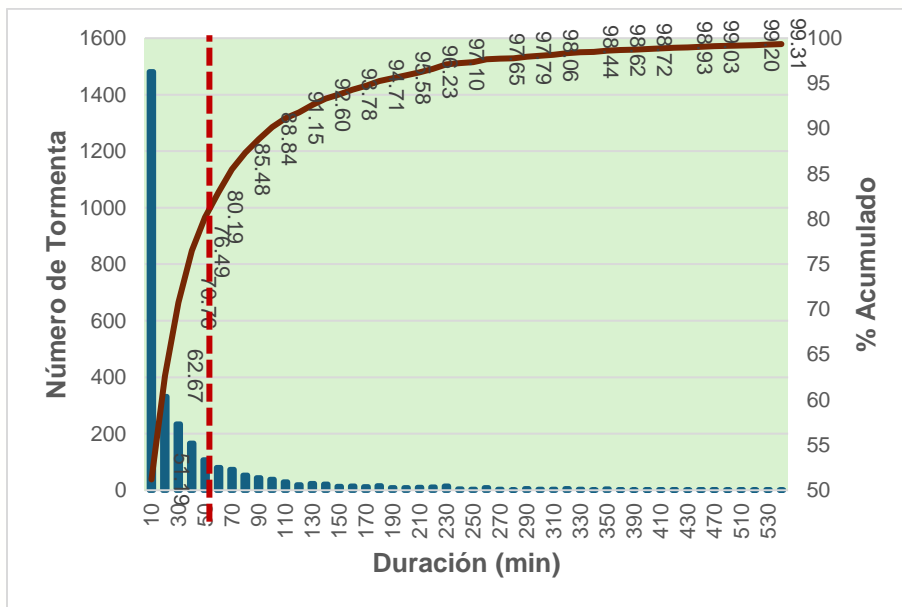


Ilustración 12 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Protección Civil Estatal. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.



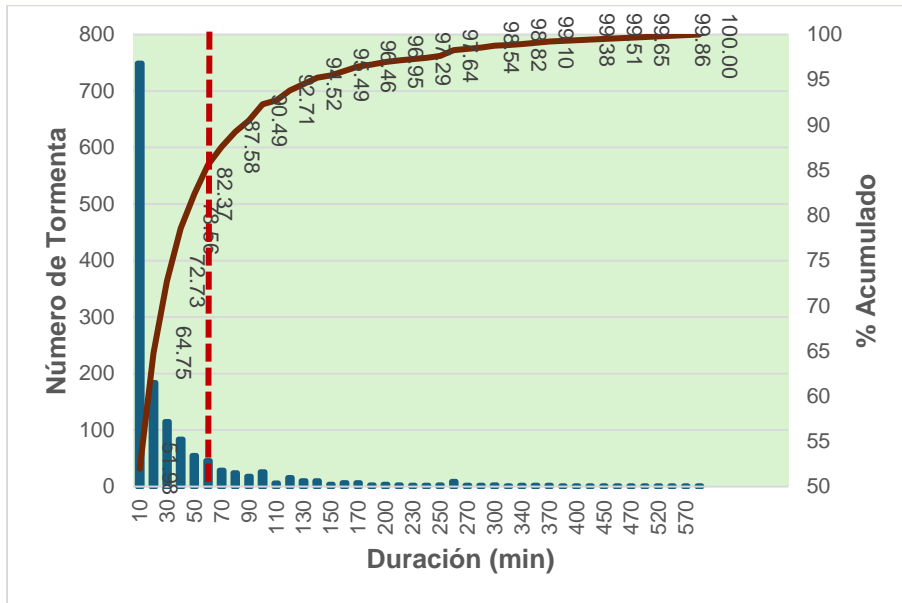


Ilustración 13 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Radio Sondeo Monterrey. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

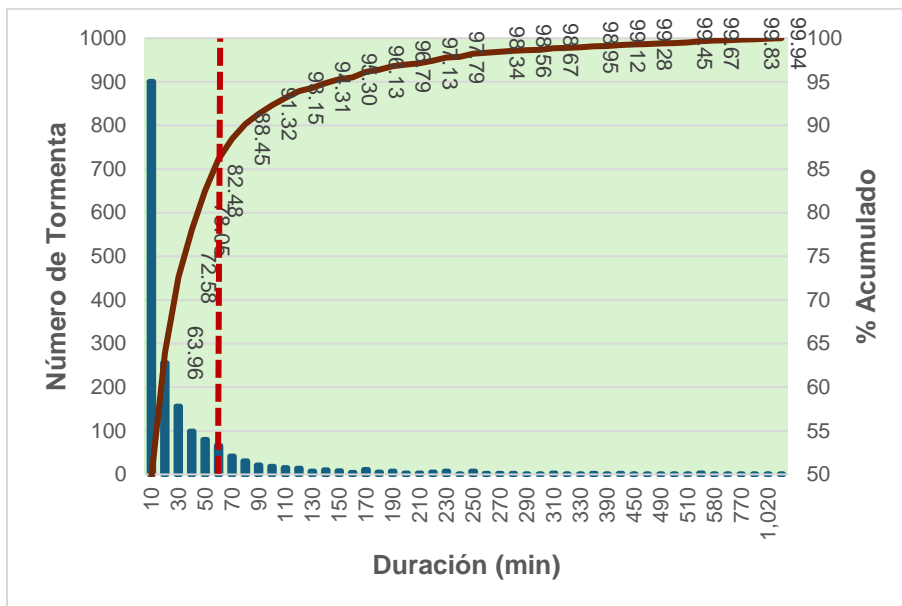


Ilustración 14 Número de tormentas agrupadas por duración en estación San Martín Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.



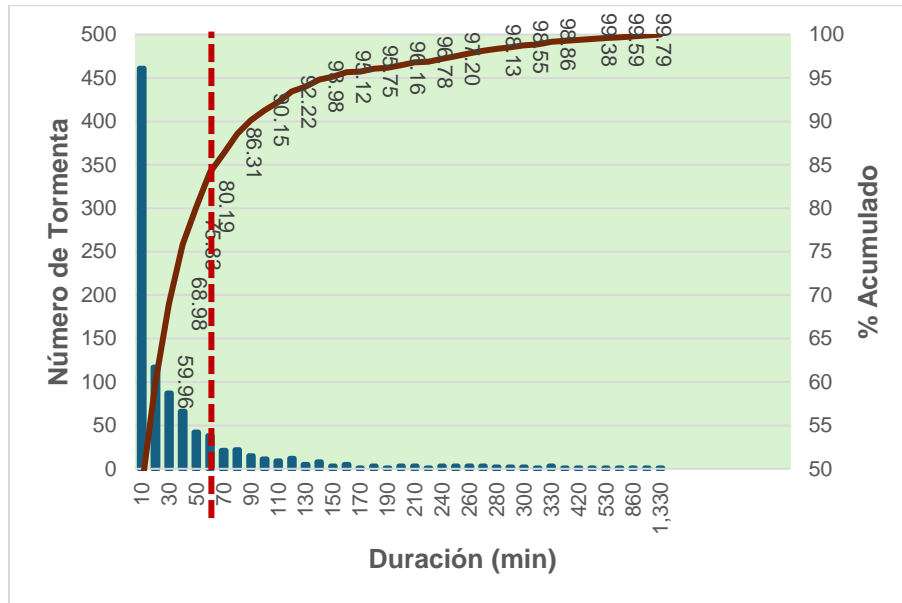


Ilustración 15 Número de tormentas agrupadas por duración en estación Santa Catarina N.L. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

3.3.2 Intensidades

En las gráficas de la Ilustración 16 a la Ilustración 25, se muestran diferentes intensidades de lluvia por duración de tormentas asociadas a todas las estaciones.

La línea negra representa la intensidad máxima asociada a un periodo de $Tr=50$ años y la azul, se asocia con $Tr=10$ años. Se han escogido estos periodos de retorno porque la de 10 años suele ser la siguiente a la ordinaria más grande. Y el de 50 años se asocia a lluvias que pueden generar afectaciones.

Por otra parte, la línea verde continua representa la máxima intensidad media registrada de entre todas tormentas de esa duración obtenidas de datos de la EMA Arroyo Seco. $maxIm_d^j$.

La línea verde punteada es el promedio de las intensidades medias de todas las tormentas observadas de esa duración $promIm_d^j$.

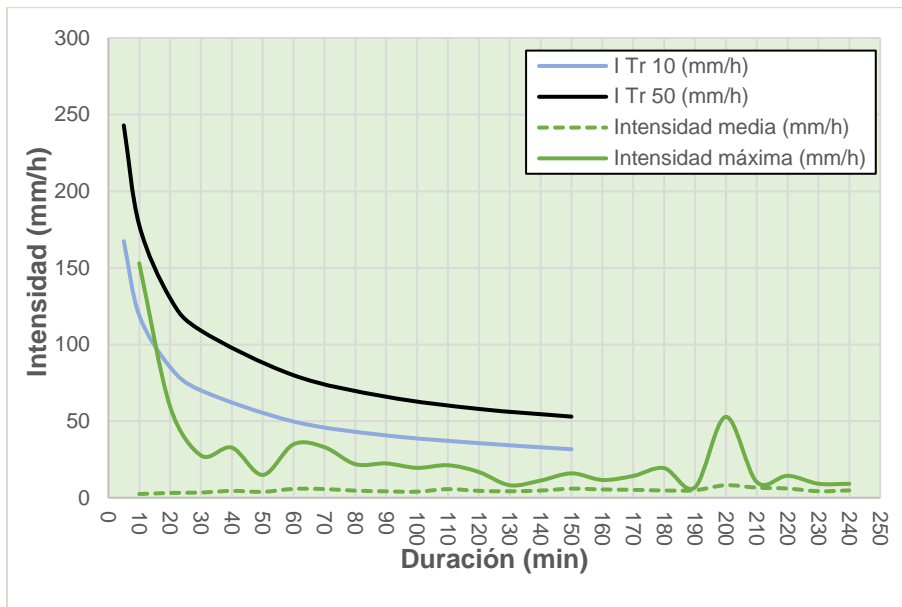


Ilustración 16 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Arroyo Seco. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

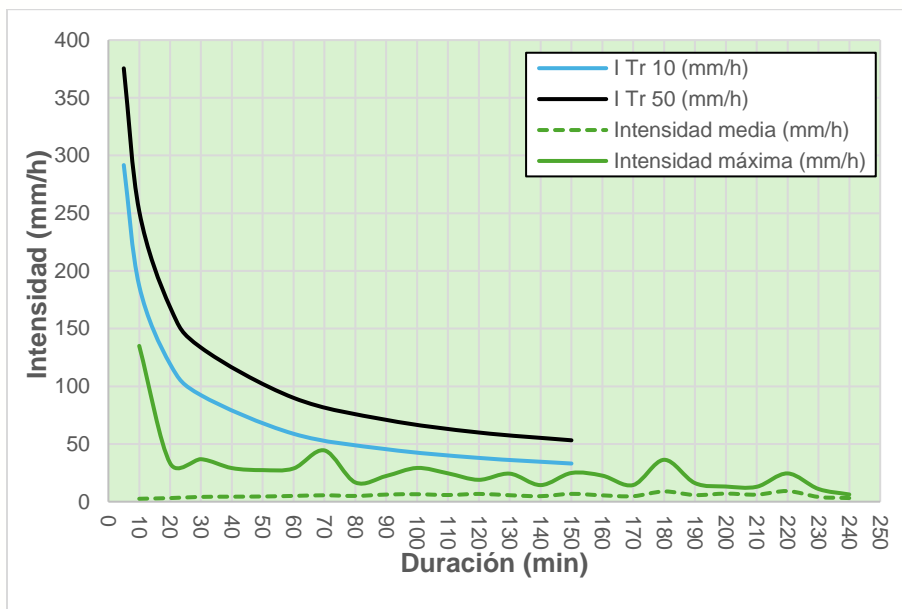


Ilustración 17 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Ciudad Universitaria. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

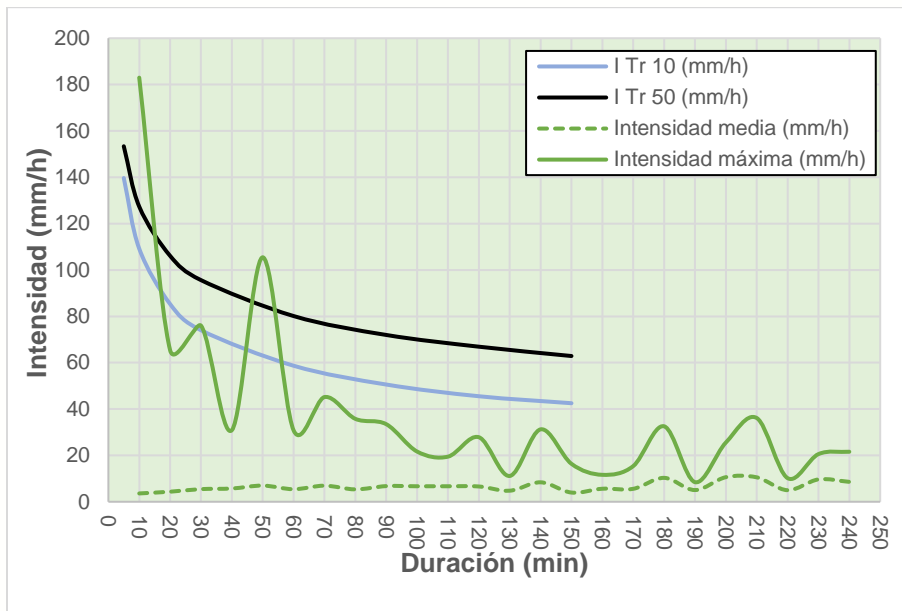


Ilustración 18 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Estanzuela. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

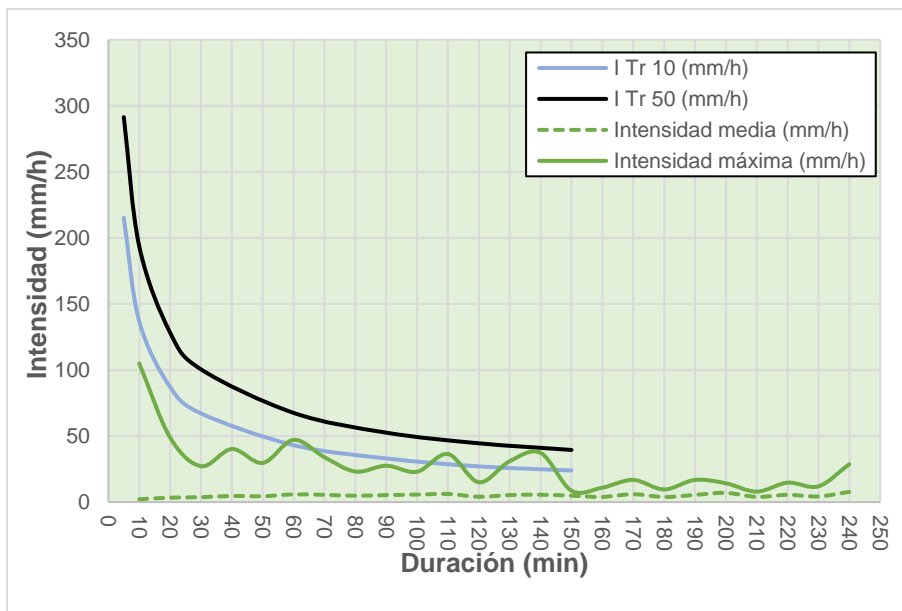


Ilustración 19 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Fierro. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

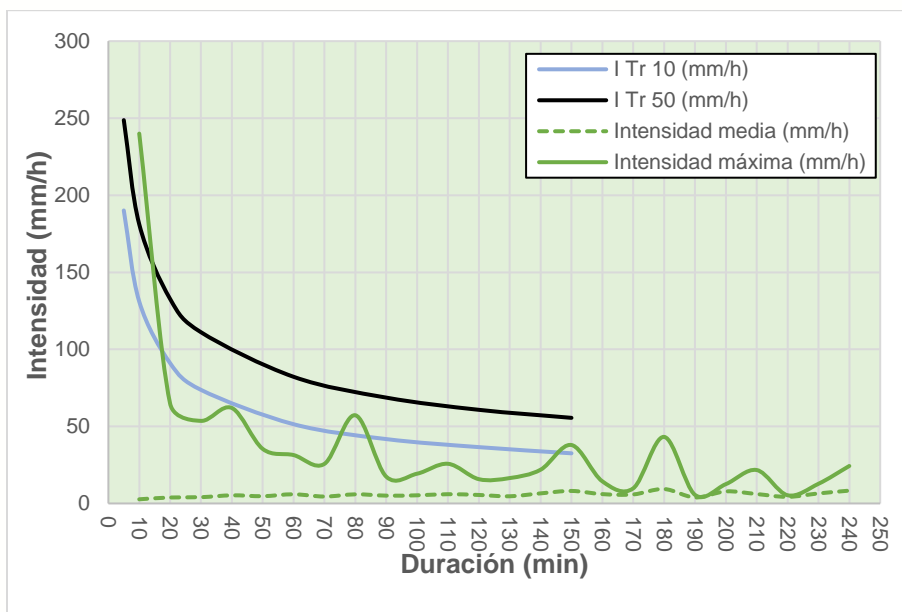


Ilustración 20 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Mitras. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

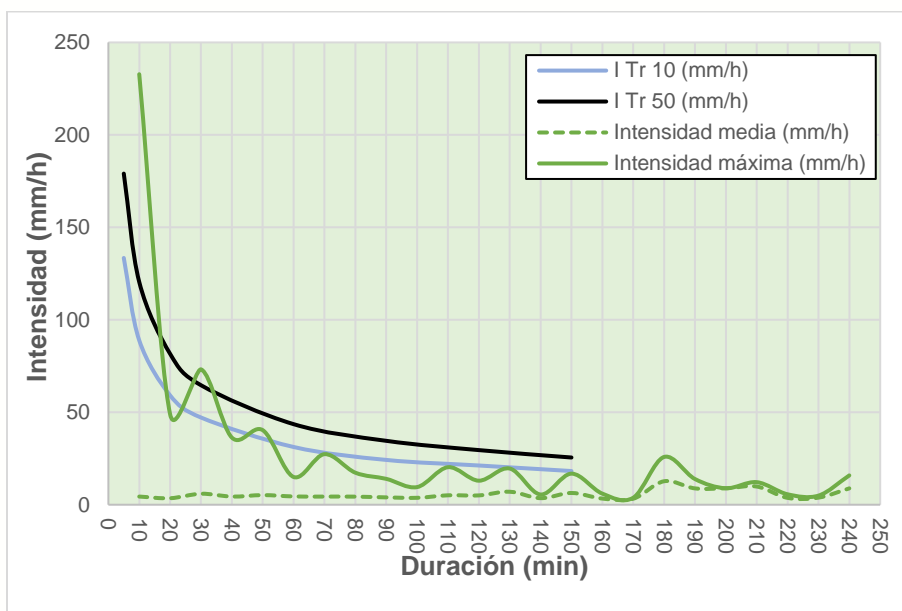


Ilustración 21 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Obispo. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

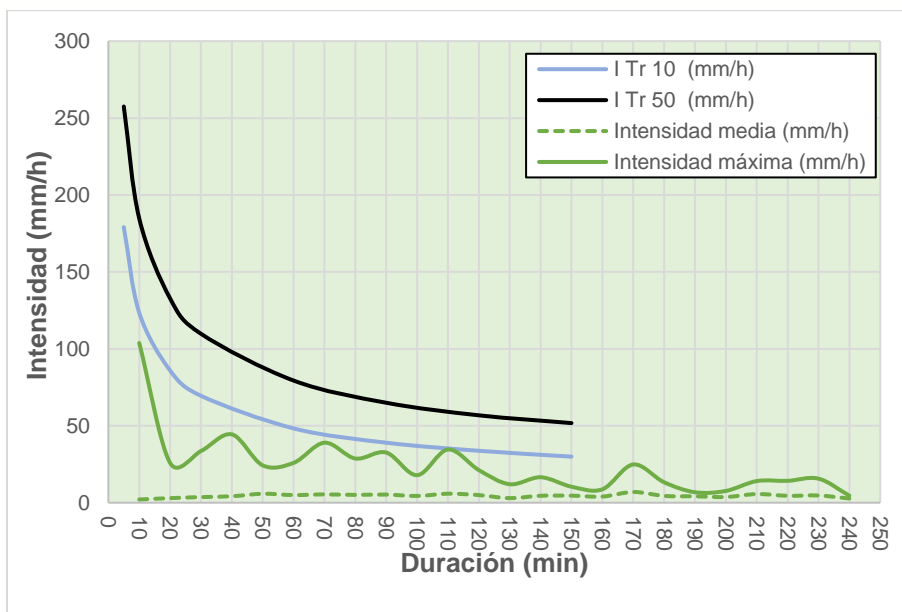


Ilustración 22 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Protección Civil Estatal. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

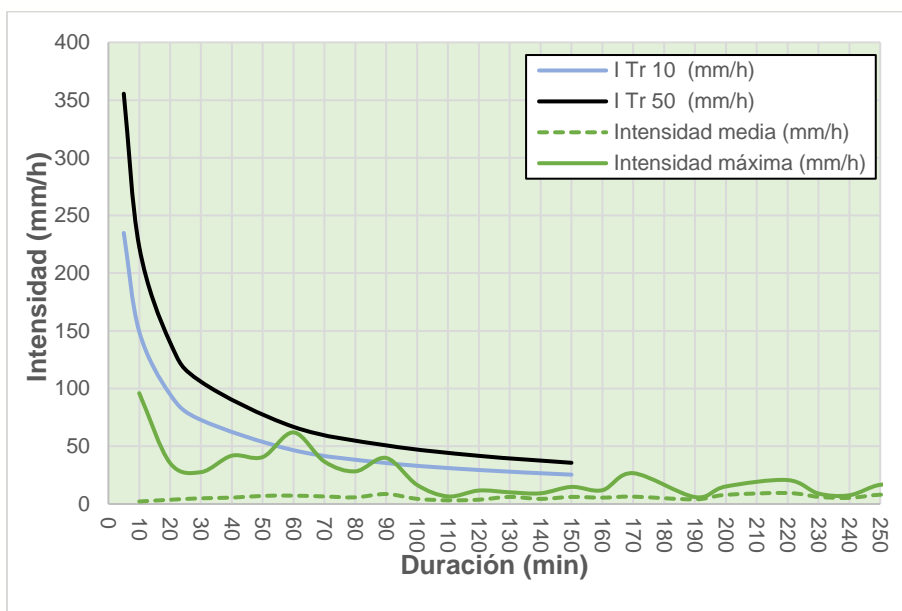


Ilustración 23 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Radio Sondeo Monterrey. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

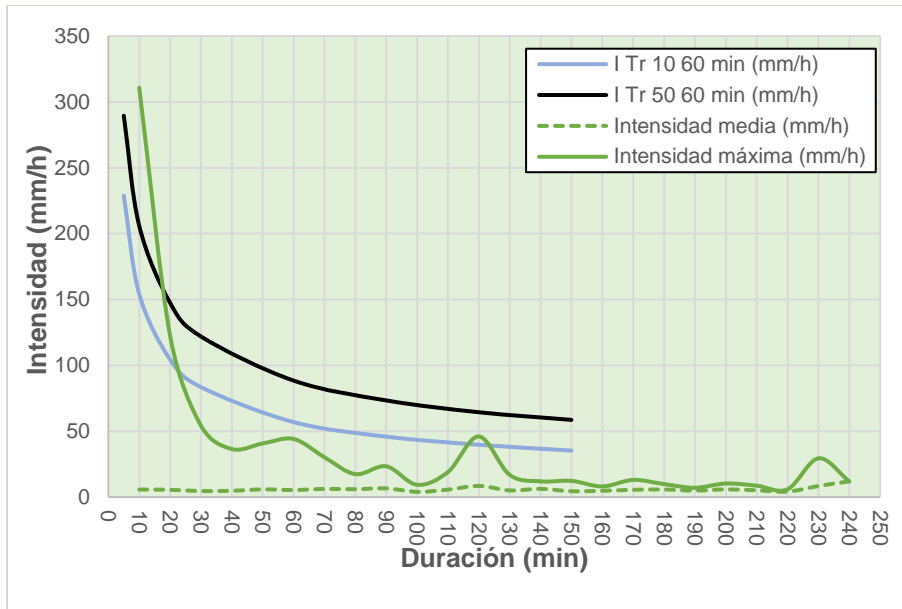


Ilustración 24 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación San Martín Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.

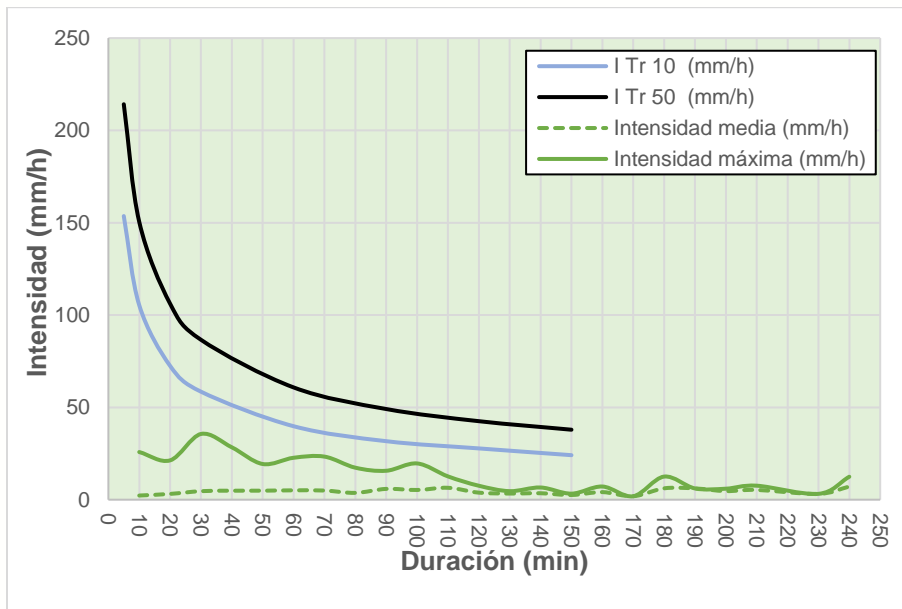


Ilustración 25 Curvas de intensidades asociadas a periodos de retorno, intensidades máximas observadas e intensidad media en estación Santa Catarina N.L. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA.





Cabe mencionar que 17 años es el máximo de periodo de observación de las EMAS el cual puede resultar no ser suficiente para caracterizar los valores estadísticos de la intensidad en cada zona de estudio, eventualmente se buscará una actualización de los datos.

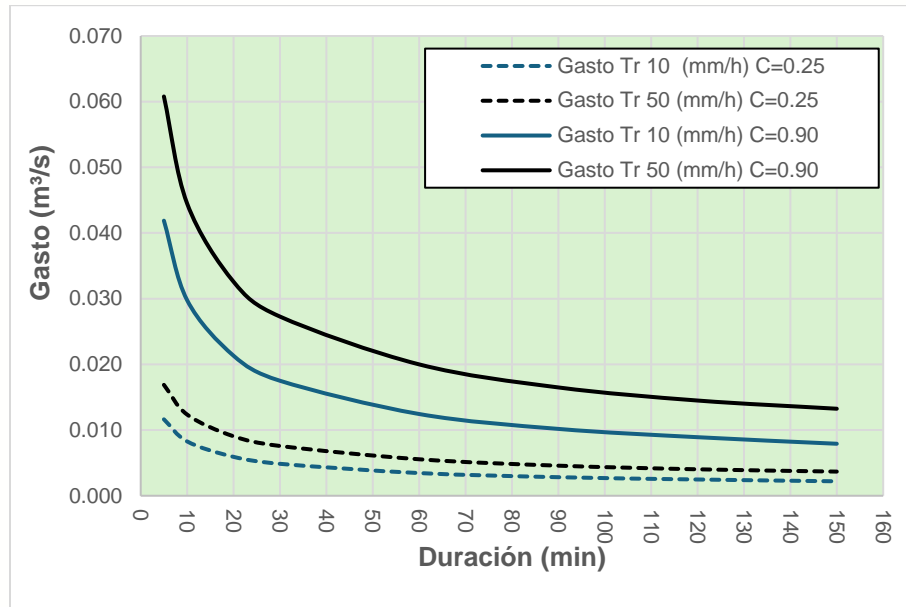
3.3.3 Gastos

En las Gráficas de la Ilustración 26 se muestran los gastos calculados partiendo de los datos de la EMA Arroyo Seco.

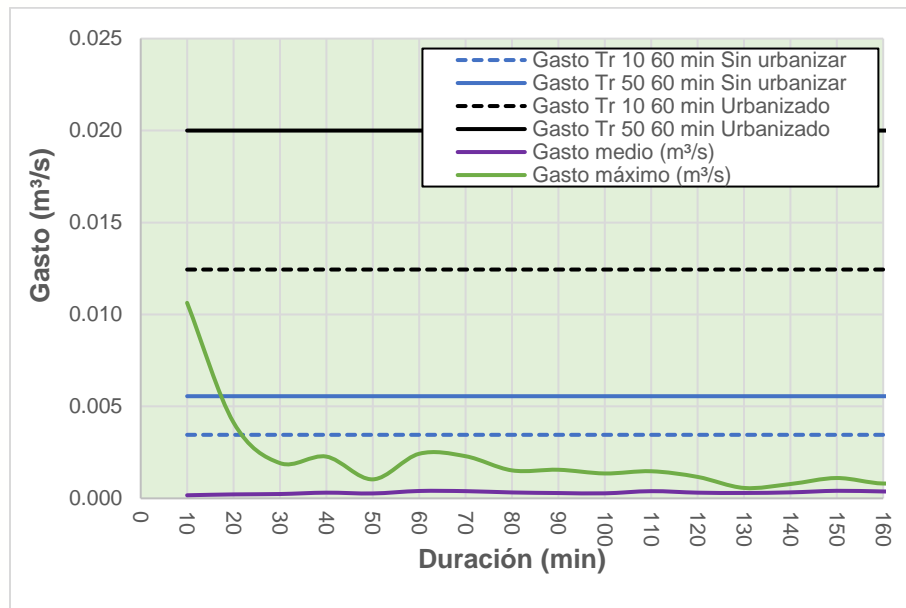
En la gráfica a) se muestran los gastos calculados a partir de las Isoyetas de (SICT, 2026) antes y después de la urbanización.

Por otra parte, la gráfica b) muestra los gastos calculados antes y después la urbanización a partir de las intensidades $\cdot maxIm_d^j$ y de $\cdot promIm_d^j$.

Las líneas horizontales muestran los gastos asociados a una lluvia de 60 minutos extraídos de las Isoyetas. Se muestran estos gastos previos y posteriores a la urbanización.



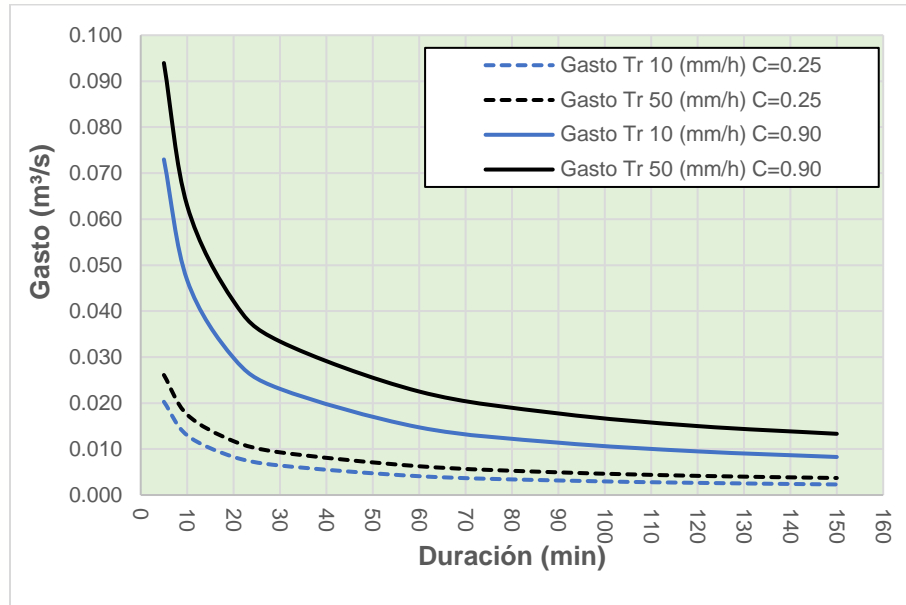
a)



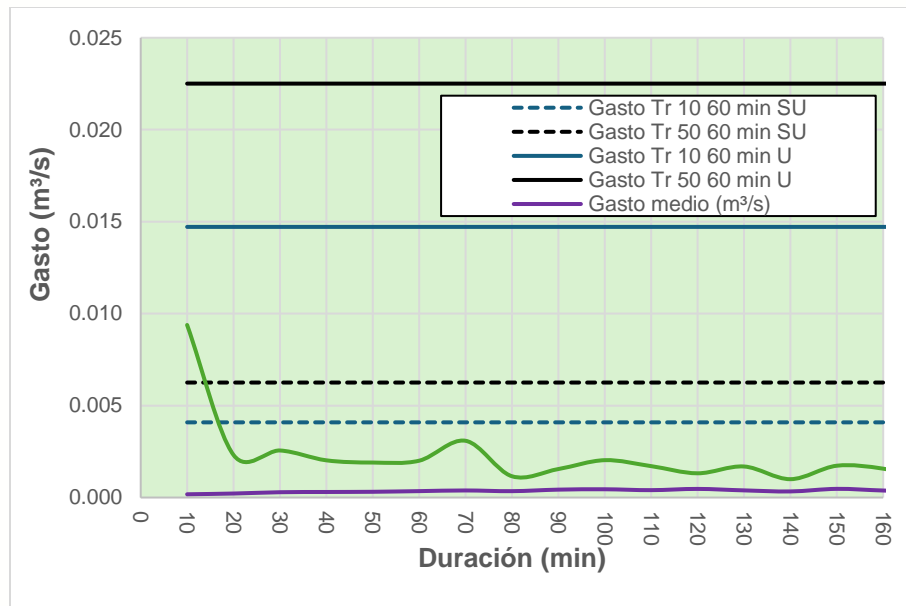
b)

Ilustración 26 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m² en estación Arroyo Seco. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT.

Las gráficas de la Ilustración 27 a la Ilustración 35 muestran las mismas comparaciones hechas con el resto de las estaciones del estudio.

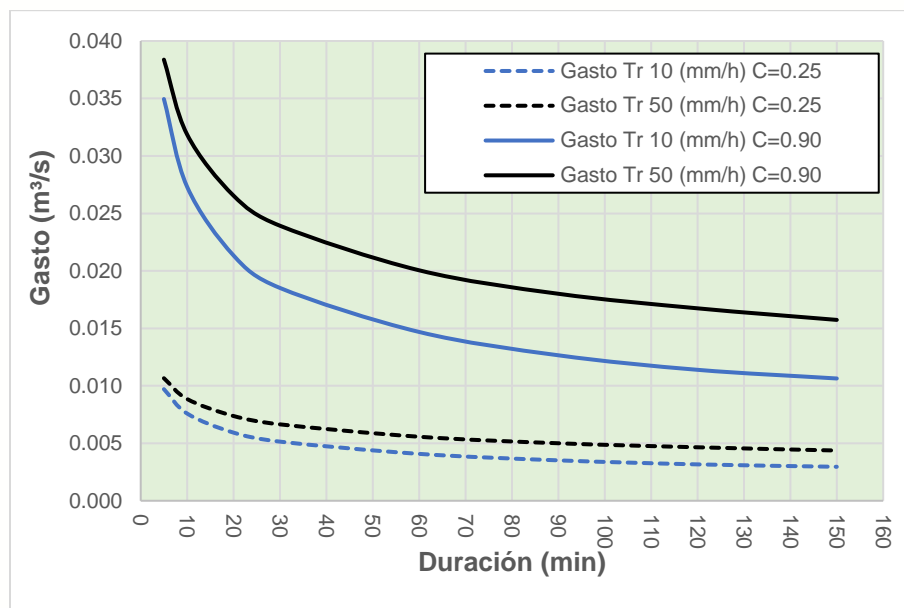


a)

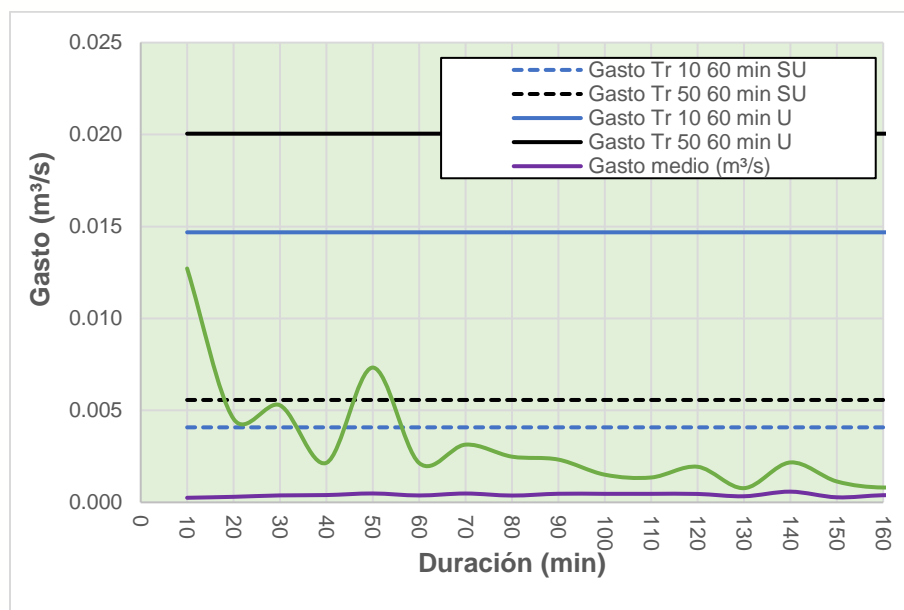


b)

Ilustración 27 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m² en estación Ciudad Universitaria. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT.

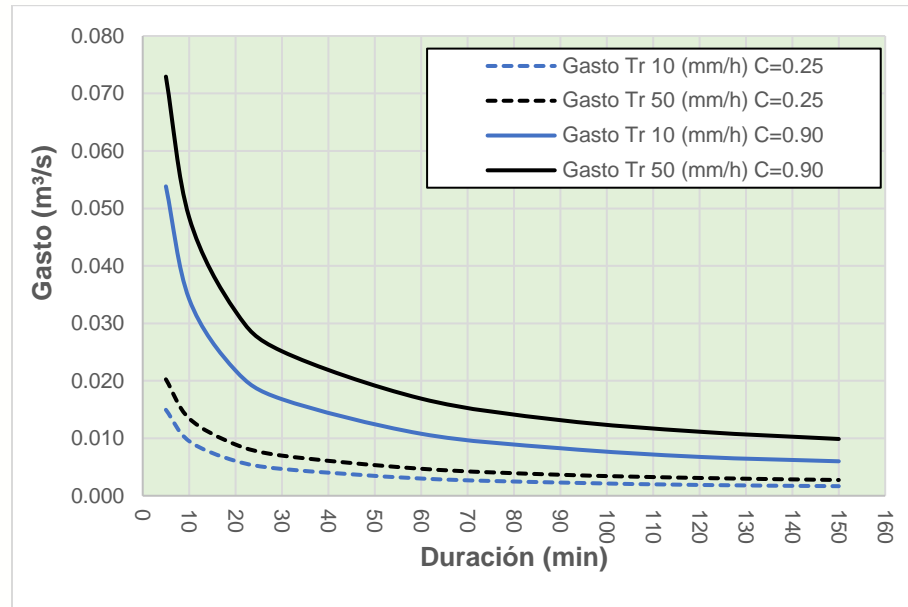


a)

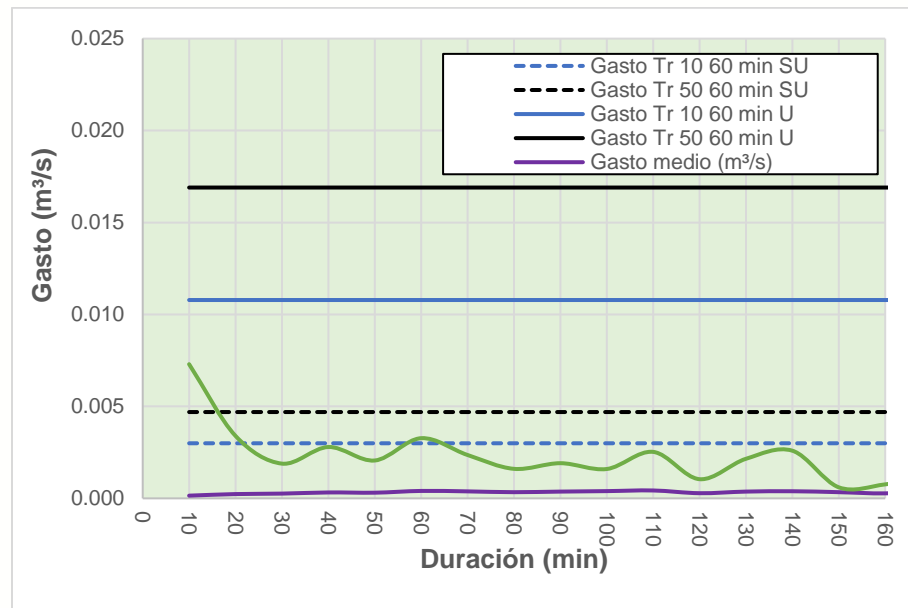


b)

Ilustración 28 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m² en estación Estanzuela. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT.

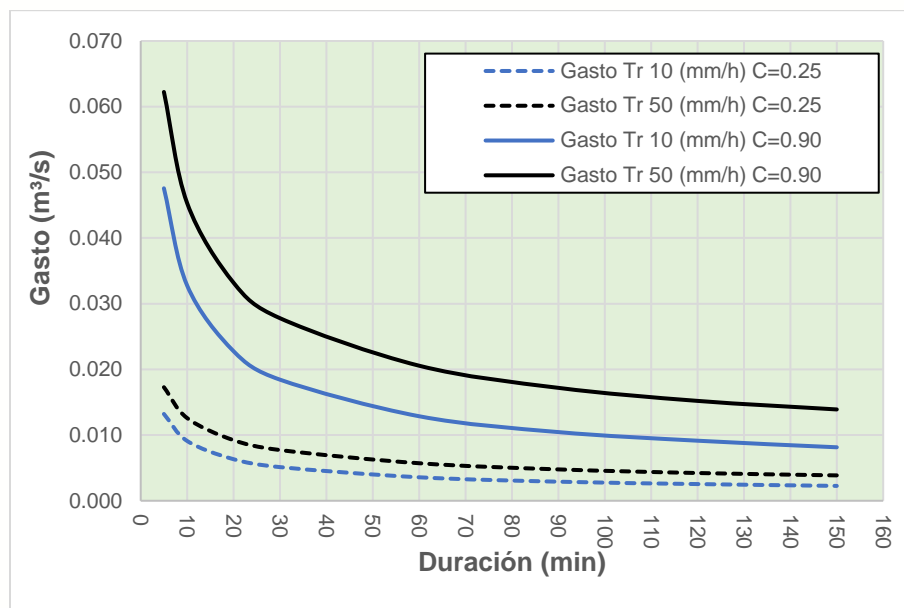


a)

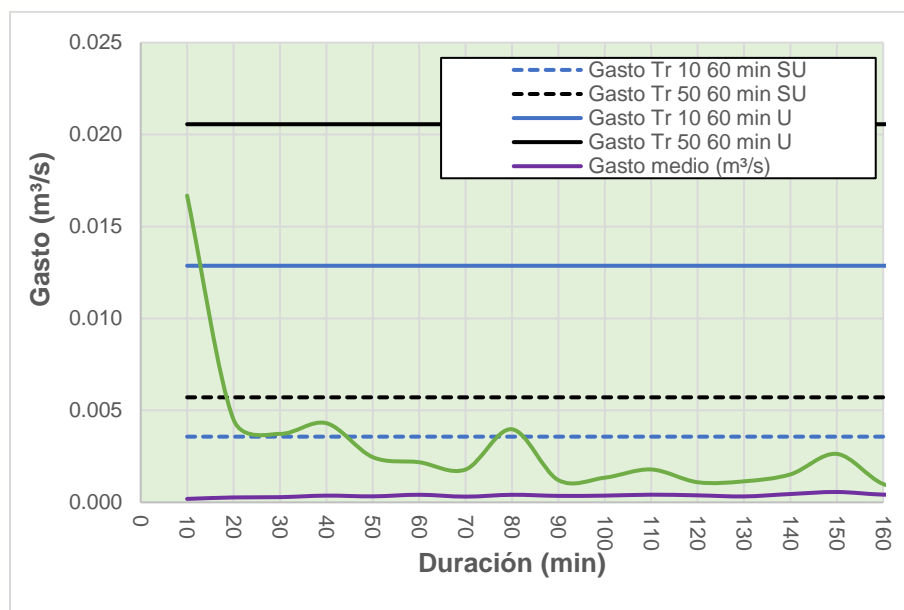


b)

Ilustración 29 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m² en estación Fierro. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT

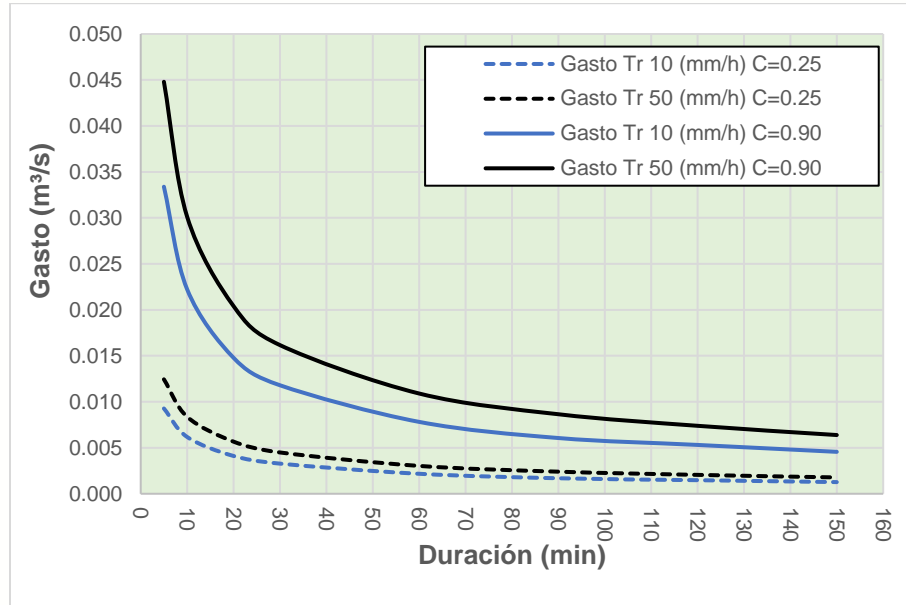


a)

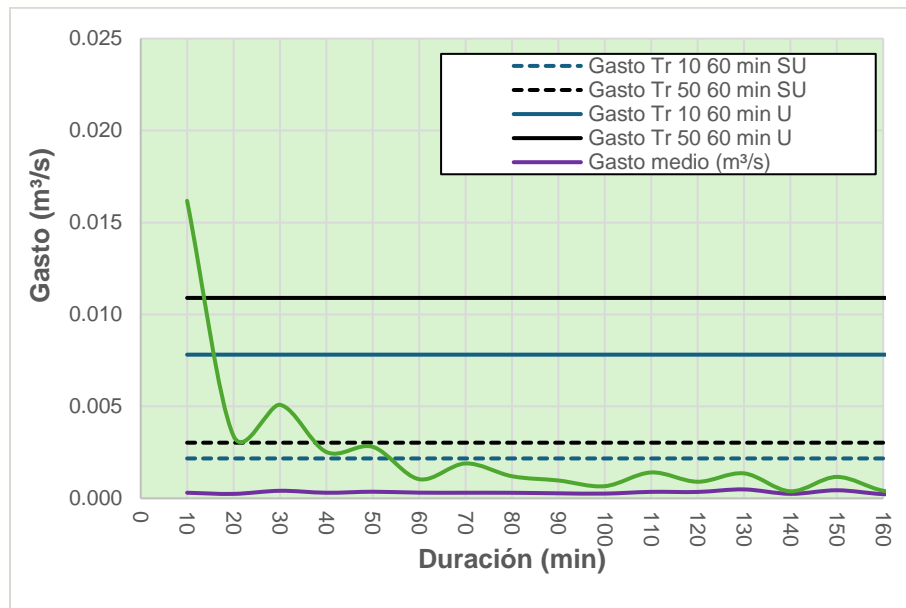


b)

Ilustración 30 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m² en estación Mitras. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT

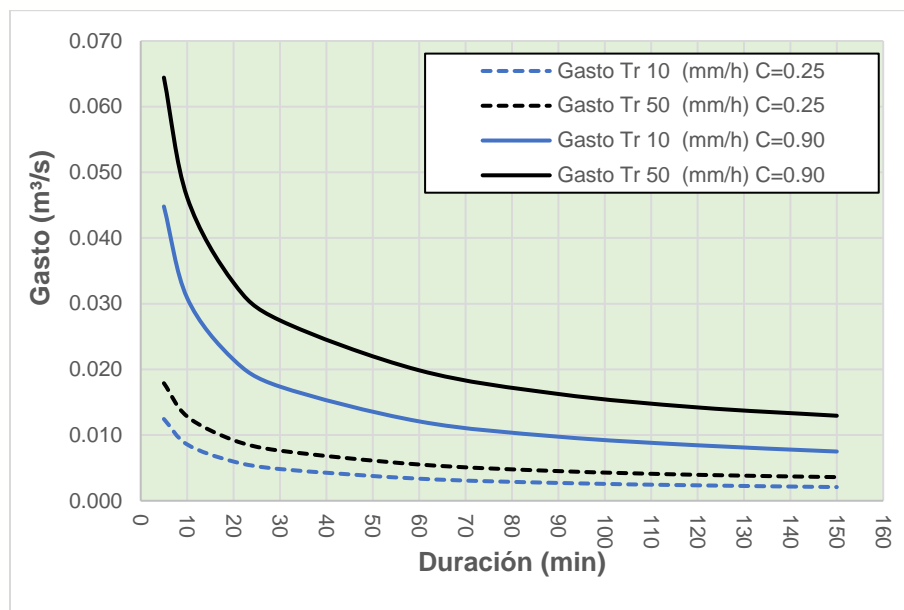


a)

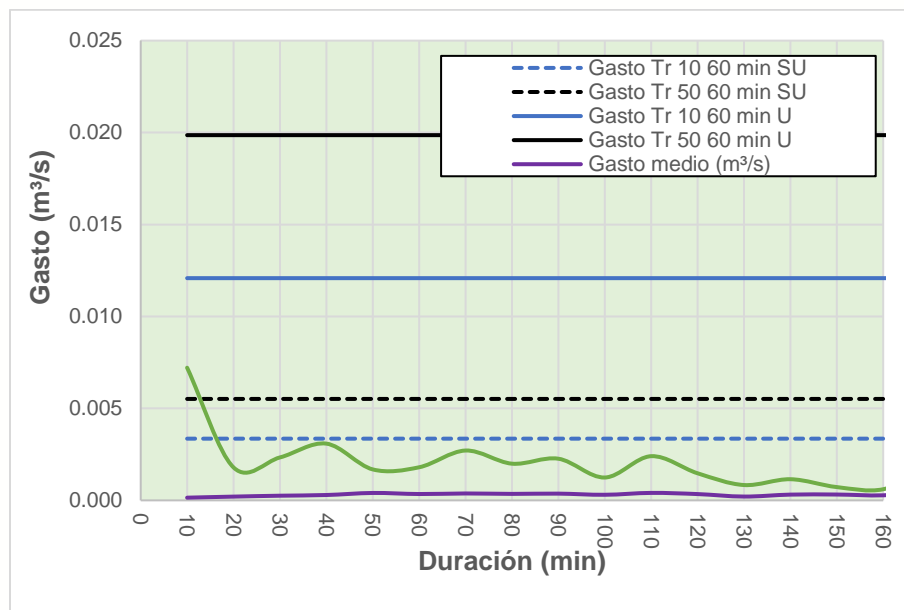


b)

Ilustración 31 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m^2 en estación Obispo. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT

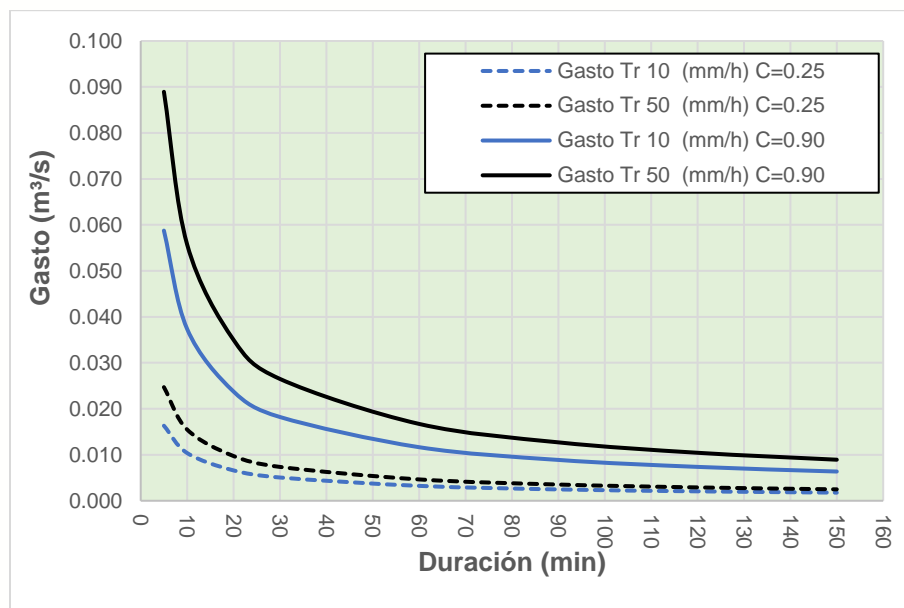


a)

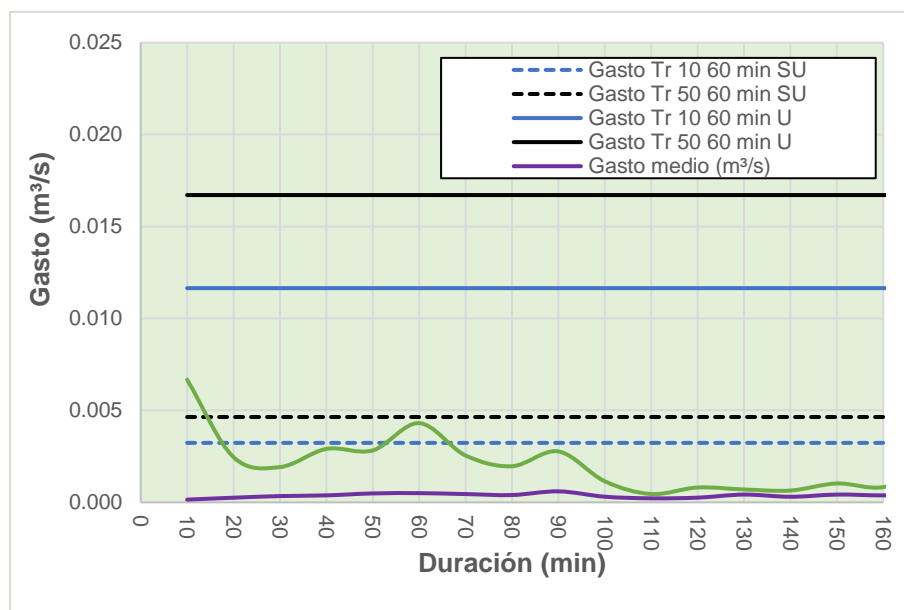


b)

Ilustración 32 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m^2 en estación Protección Civil Estatal. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT

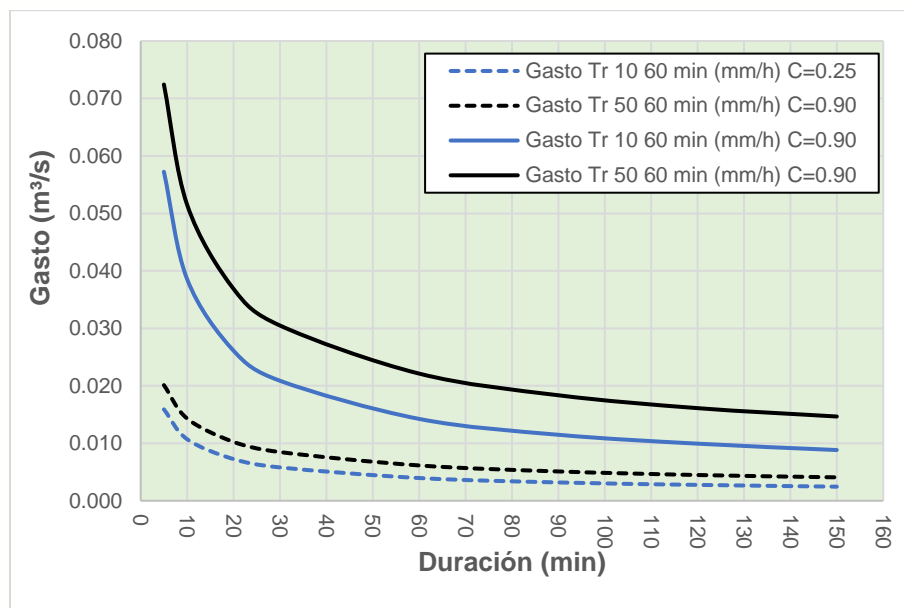


a)



b)

Ilustración 33 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m² en estación Radiosondeo Monterrey. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT



a)



b)

Ilustración 34 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m² en estación San Martín a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT

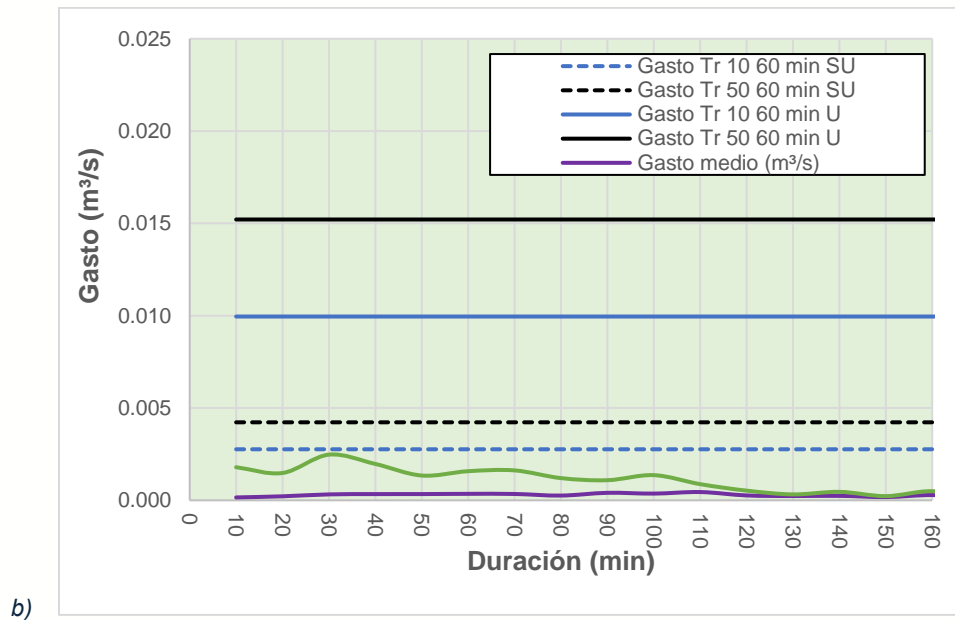
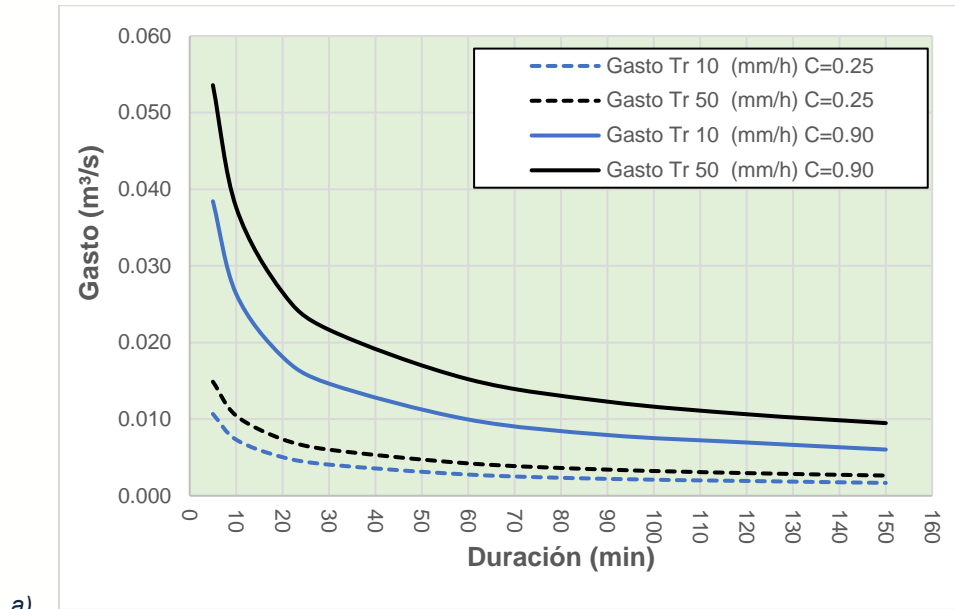


Ilustración 35 Gráficas de Gasto asociado a terreno de 1,000 m² en estación Santa Catarina Monterrey. a) Gastos calculados a partir de Isoyetas antes y después de urbanización b) Gastos calculados a partir de datos de estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA y SICT



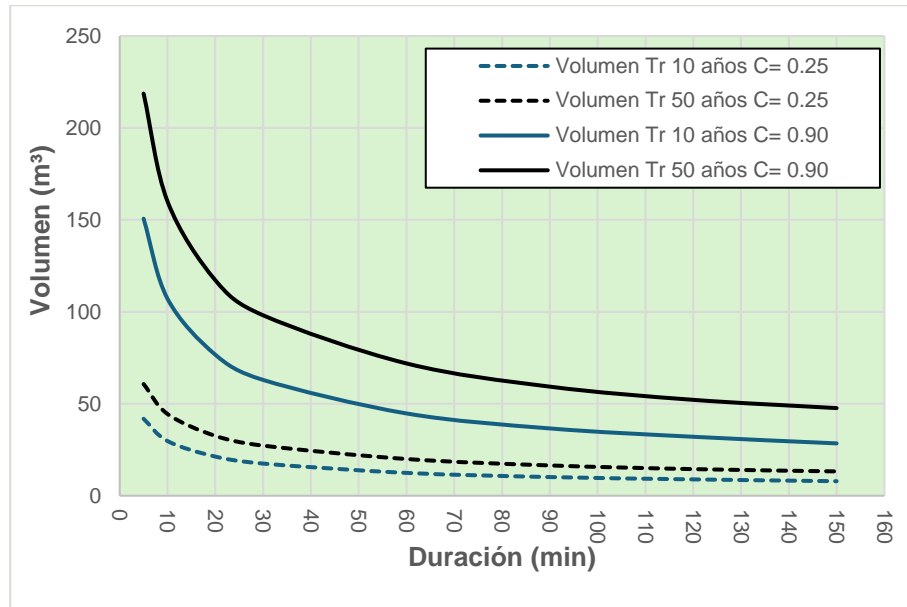
Cabe resaltar que el gasto promedio de todas las tormentas suele ser poco visible en la escala presentada de las gráficas b) mientras que la línea negra que representa el gasto asociado a un periodo de retorno de 50 años y 60 minutos de duración es la que hace que la gráfica llegue hasta $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$

3.3.4 Volumen

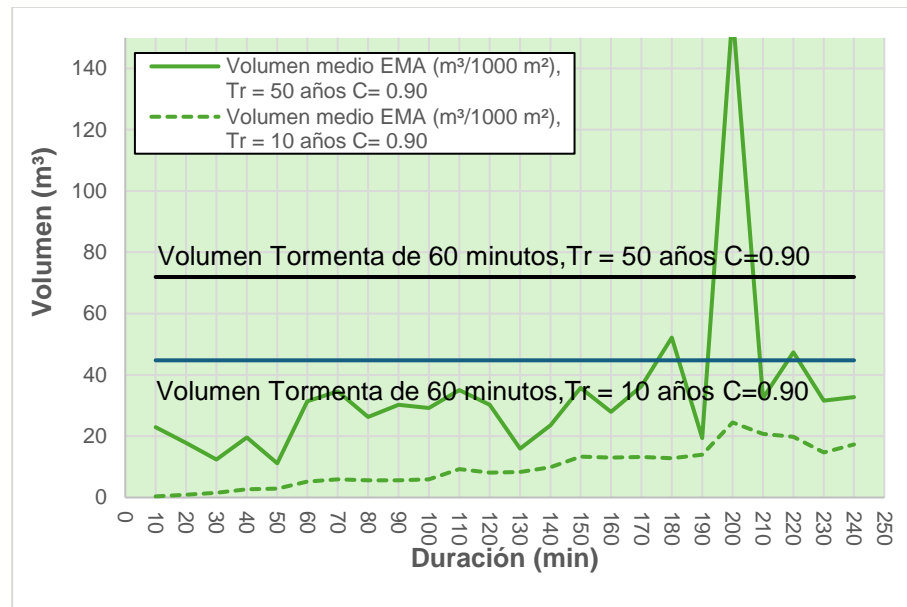
En la Gráfica de la Ilustración 36 a) se muestra el gasto por cada $1,000 \text{ m}^2$ de superficie del terreno asociado a tormentas con periodo de retorno de 50 y 10 años y diferentes duraciones. Con coeficientes de escurrimiento asociados a terrenos ya urbanizados y sin urbanizar.

En la Ilustración 36 b) se muestra con una línea continua los volúmenes calculados con las lluvias máximas registradas en la estación Arroyo Seco $P_{max}_d^j$. y con línea punteada el volumen asociado al promedio de los registros de precipitación de las tormentas registradas $P_{prom}_d^j$.

Se ha colocado en líneas horizontales que indican el volumen calculado para una lluvia de 60 minutos con TR de 10 y 50 años asociados a la condición después de la urbanización.



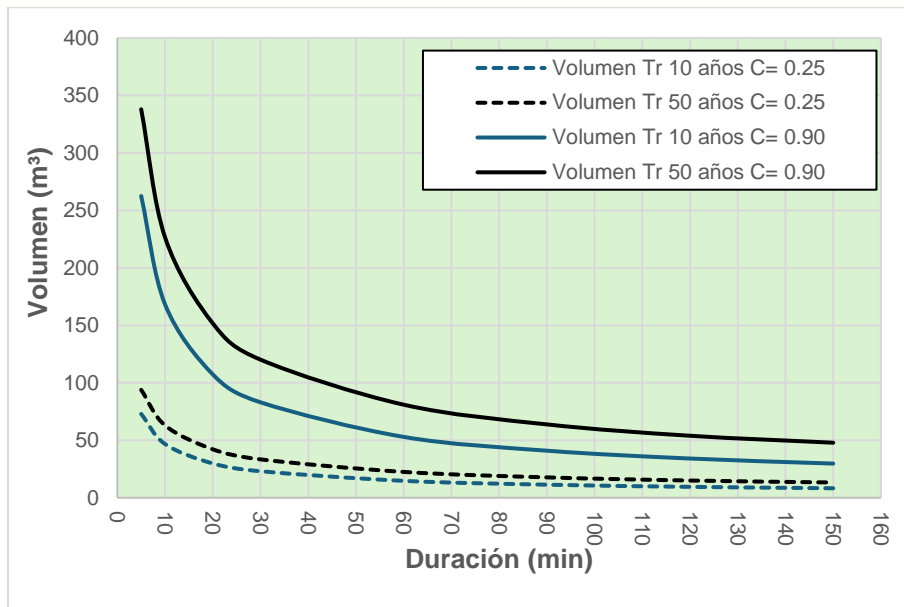
a)



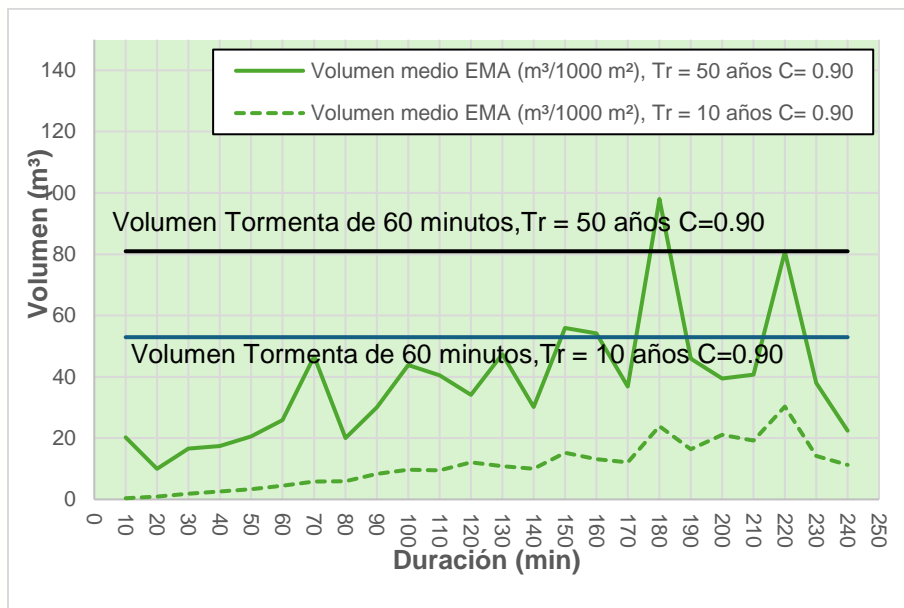
b)

Ilustración 36 Volúmenes calculados por cada 1,000 m³ en estación Arroyo Seco a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos Estación Arroyo Seco. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA

En las Gráficas de la Ilustración 37 a la Ilustración 45 se muestran los datos del resto de estaciones.

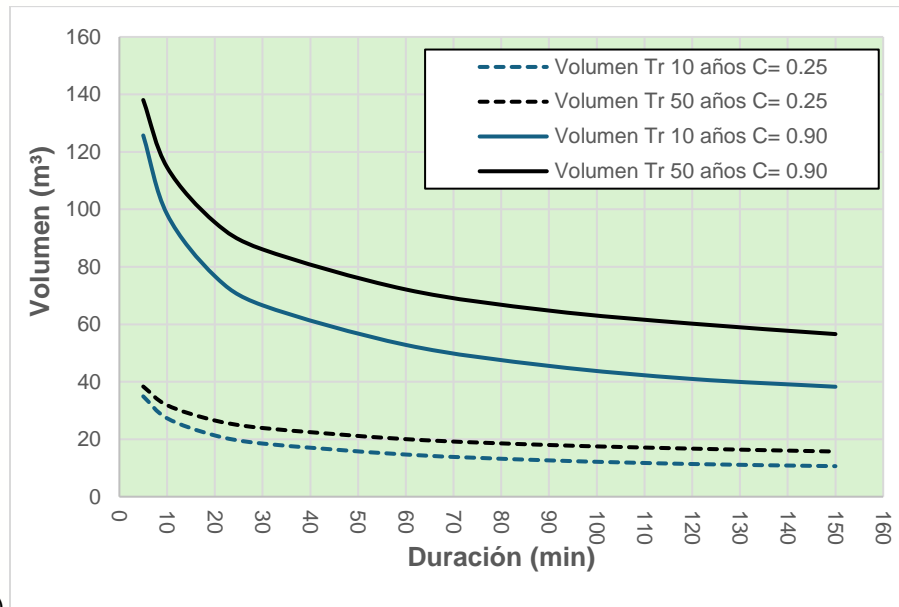


a)

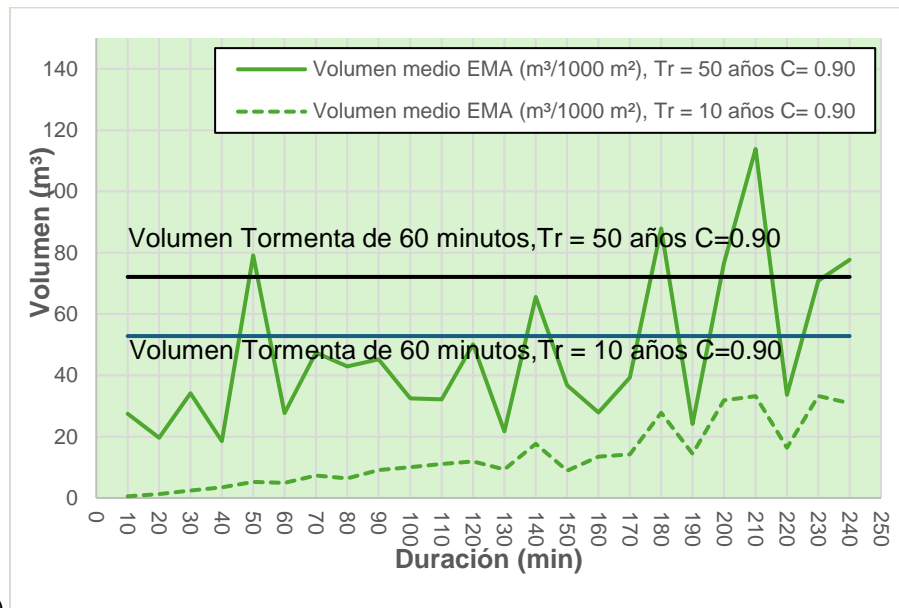


b)

Ilustración 37 Volúmenes calculados por cada 1,000 m³ en estación Ciudad Universitaria a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA

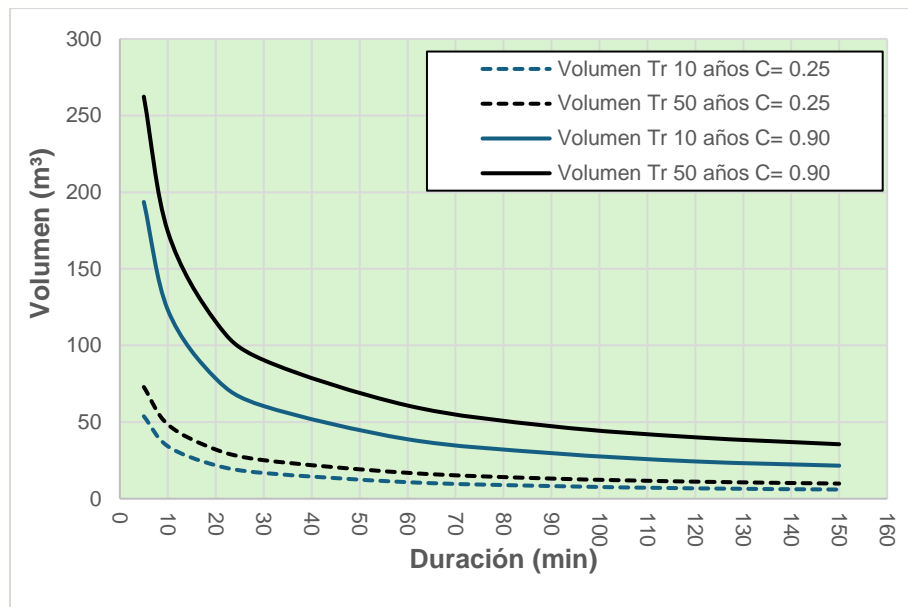


a)

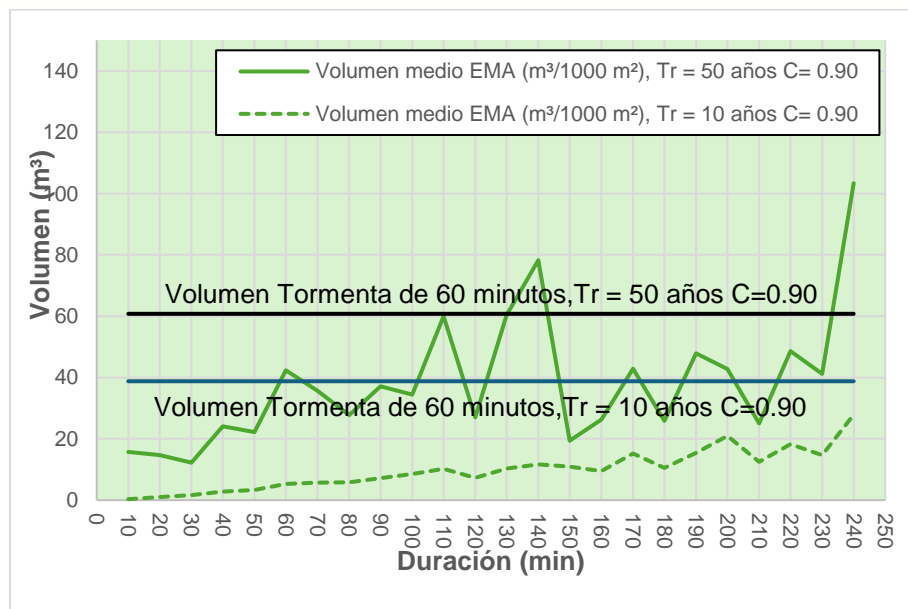


b)

Ilustración 38 Volúmenes calculados por cada 1,000 m^3 en estación La Estanzuela a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA

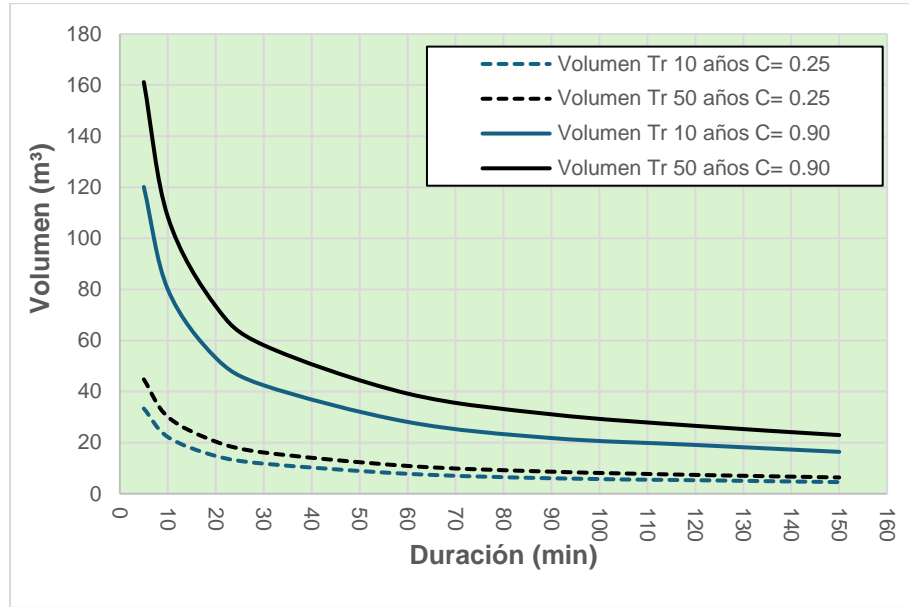


a)

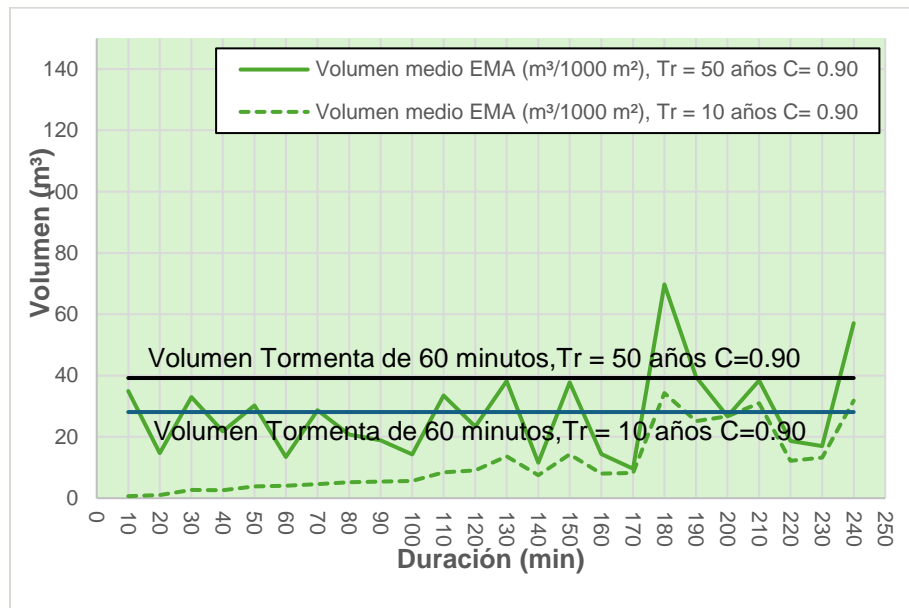


b)

Ilustración 39 Volúmenes calculados por cada 1,000 m³ en estación Fierro a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA



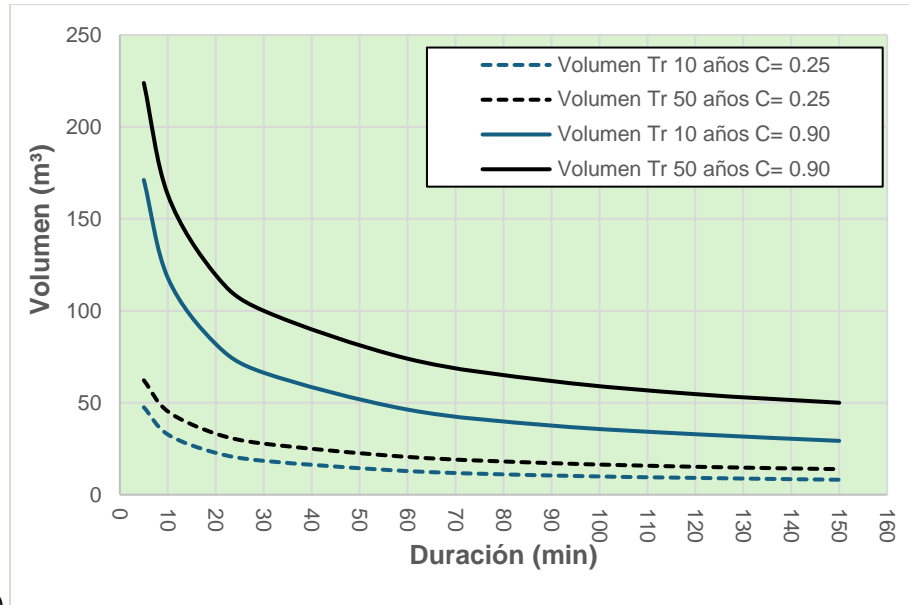
a)



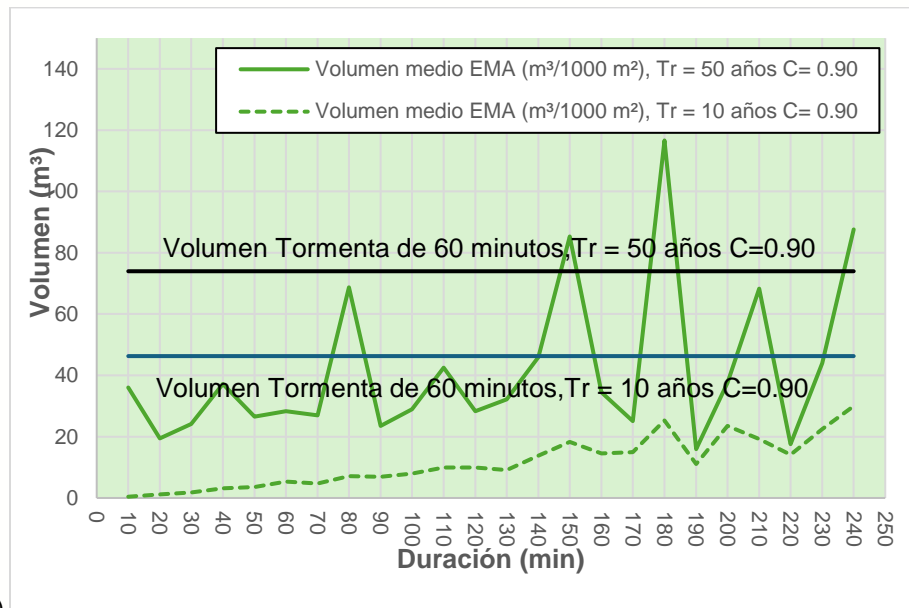
b)

Ilustración 40 Volúmenes calculados por cada 1,000 m³ en estación Obispo a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA





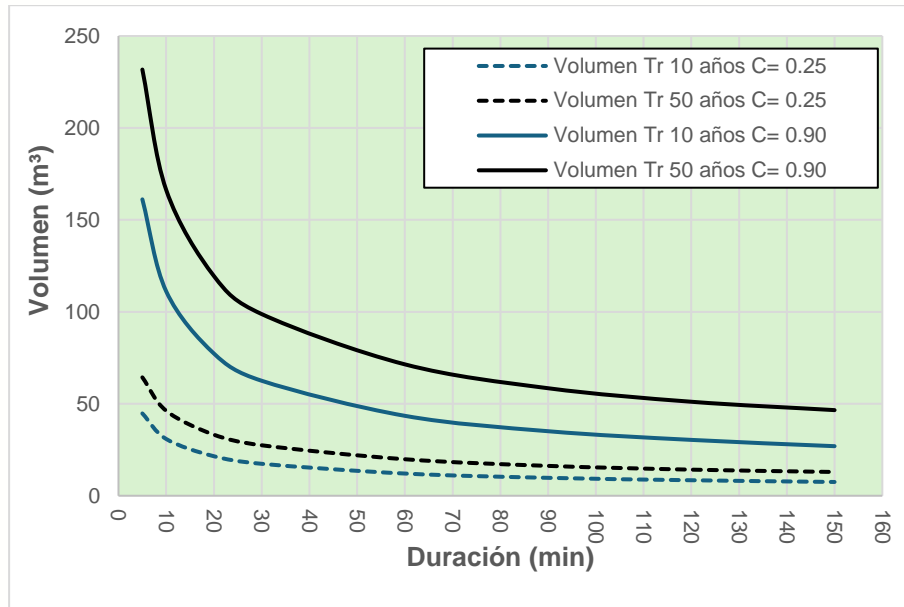
a)



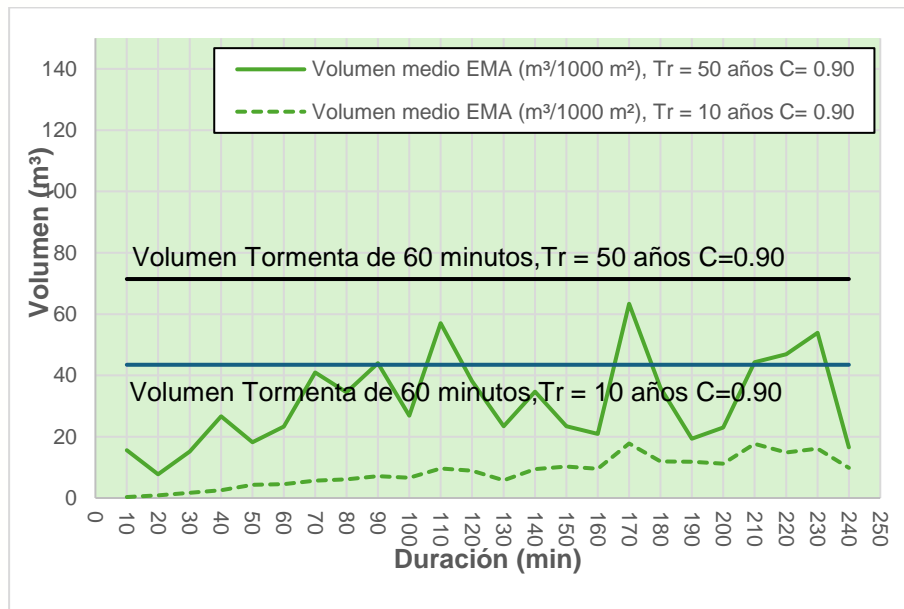
b)

Ilustración 41 Volúmenes calculados por cada 1,000 m³ en estación Mitras a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA



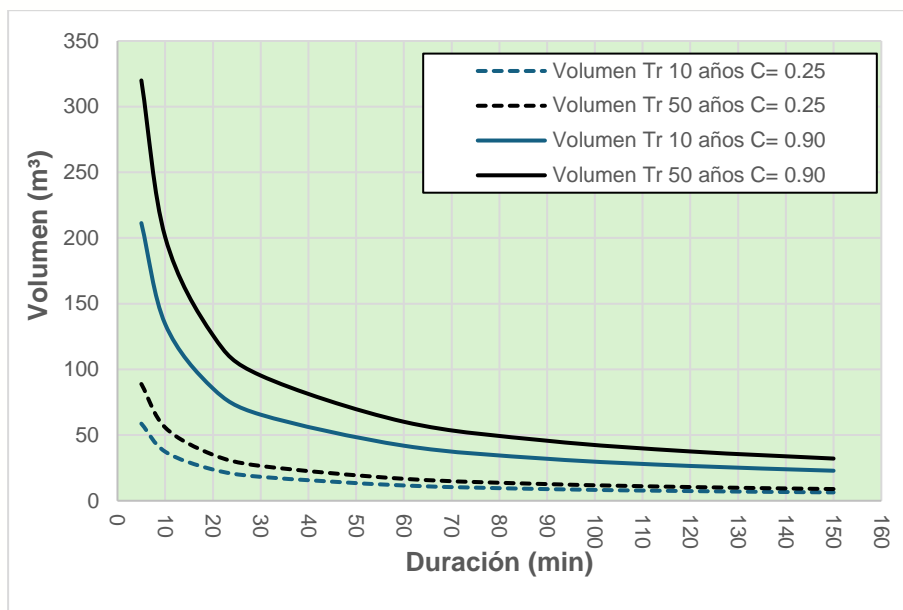


a)

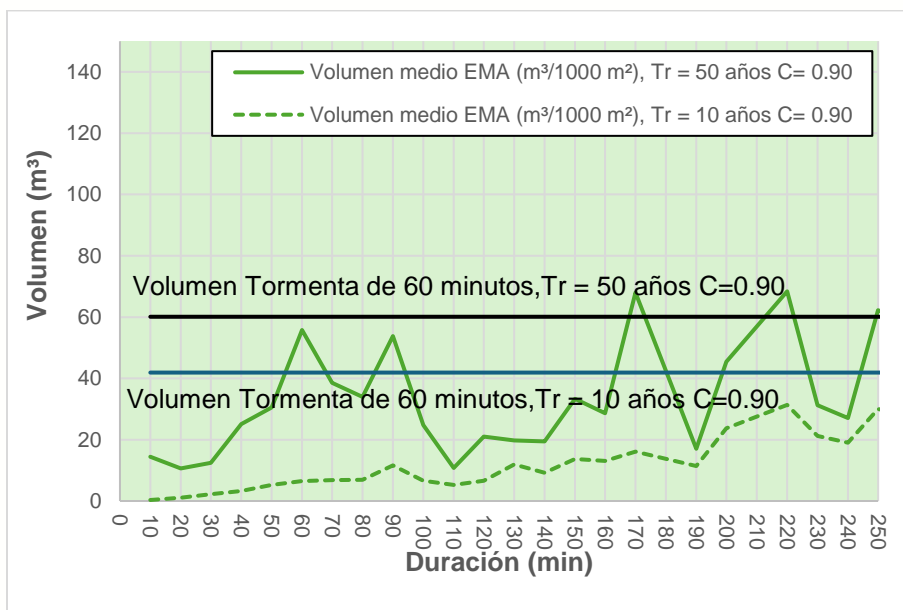


b)

Ilustración 42 Volúmenes calculados por cada 1,000 m^3 en estación Protección Civil a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA

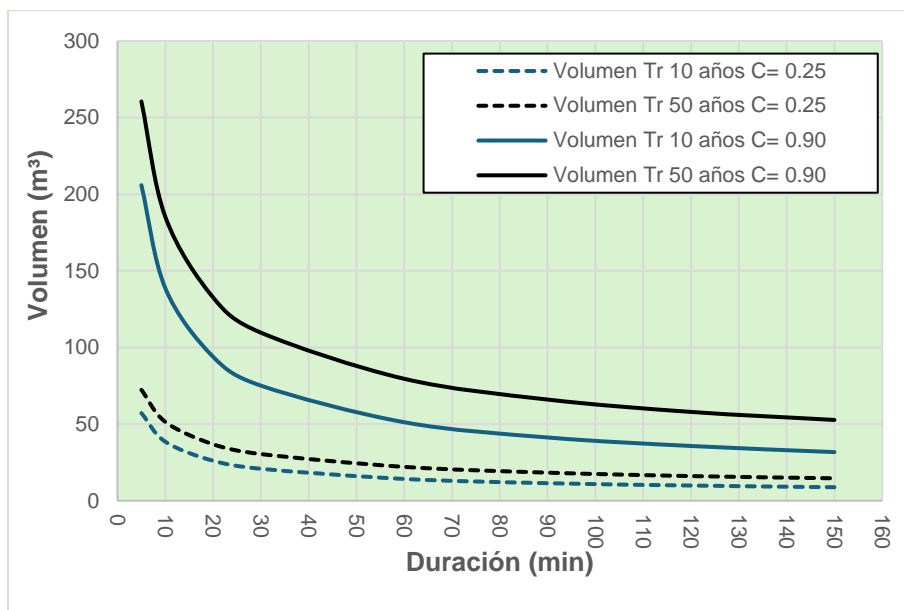


a)

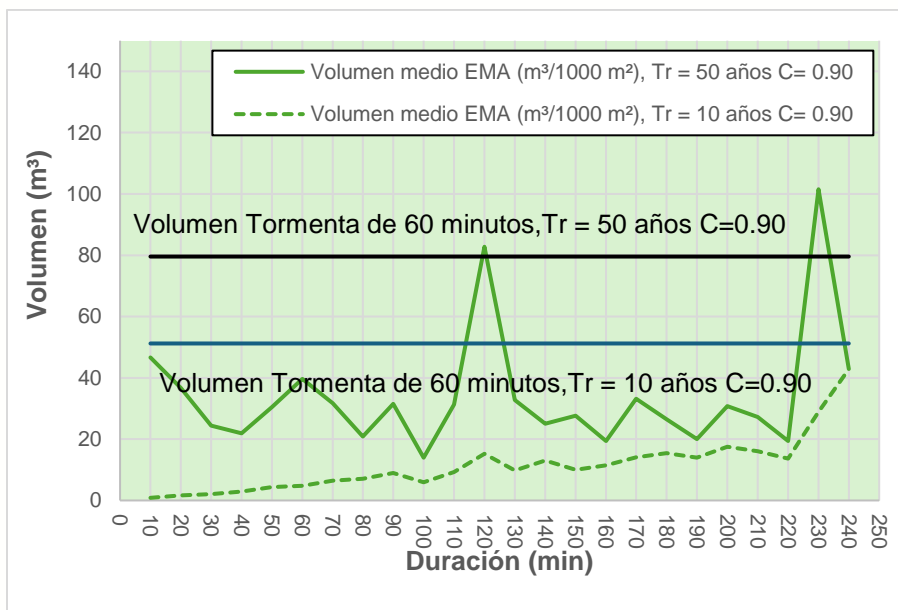


b)

Ilustración 43 Volúmenes calculados por cada 1,000 m^3 en estación Radiosondeo a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA

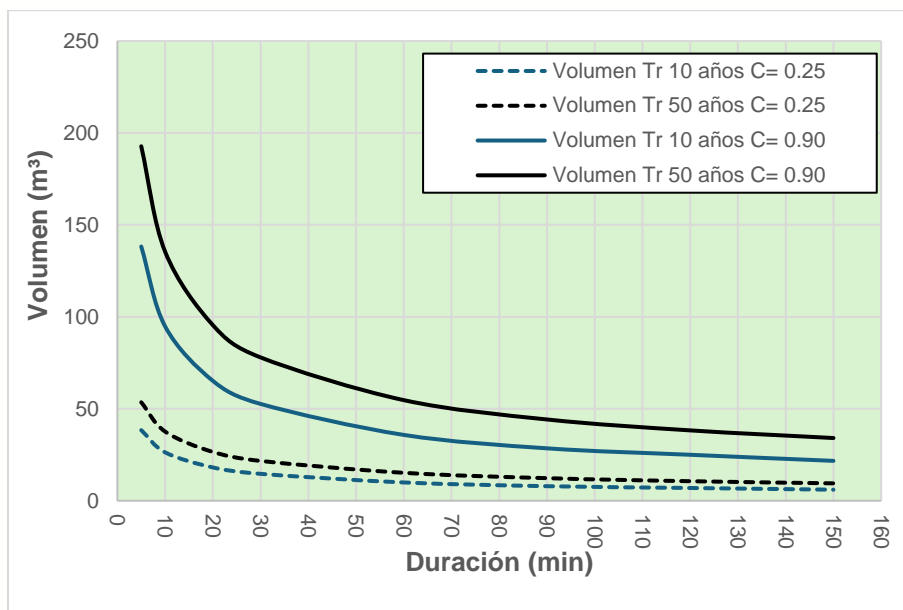


a)

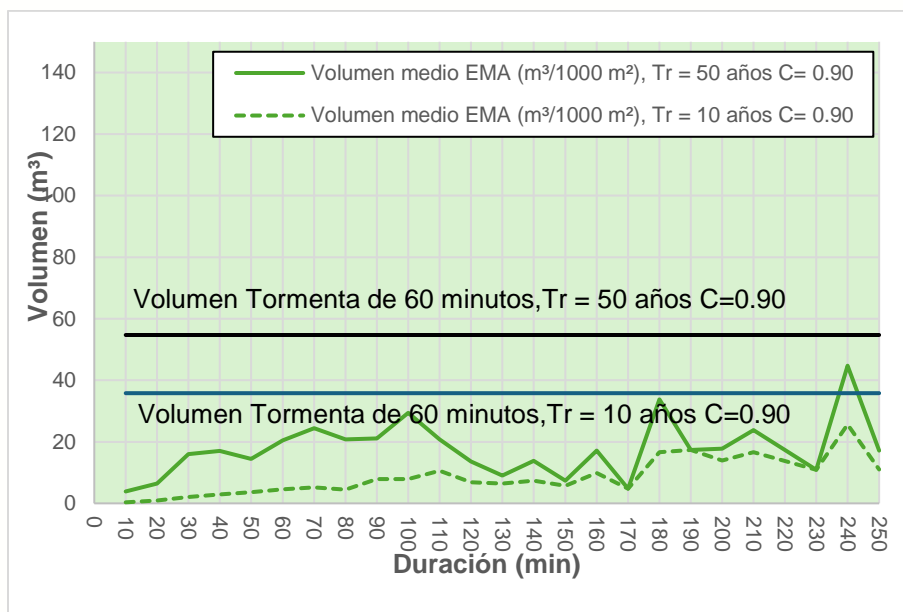


b)

Ilustración 44 Volúmenes calculados por cada 1,000 m³ en estación San Martín a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA



a)



b)

Ilustración 45 Volúmenes calculados por cada 1,000 m³ en estación Santa Catarina a) Ante periodos de retorno de 10 y 50 años con datos de Isoyetas SICT b) A partir de datos de la Estación. Fuente elaboración propia con datos de CONAGUA

Se ha obtenido el número de tormentas que registra más lluvia acumulada $P_{l,d,j}$ que la tormenta de duración de 60 minutos y periodo de retorno de 10 años. Se presenta el porcentaje de este número respecto al total.

Así mismo se ha obtenido el número de tormentas que provoca un gasto mayor al asociado a P_{60}^{10} antes de la urbanización. Asumiendo que las tormentas registradas se dan en un entorno urbanizado.

Finalmente se ha determinado el número de casos que cumplen ambas condiciones y se presenta el porcentaje correspondiente.

Se presenta la Tabla 3 con los resultados obtenidos.

Tabla 3 Numero de tormentas que sobrepasan el volumen calculado para tormentas de 60 minutos de duración con periodo de retorno de 10 años

Estación	Número de Tormentas	Intensidad (mm/h) Tr 10 años	Tormentas con registro de lluvia acumulada mayor a P_{60}^{10}	Porcentaje de tormentas que sobrepasan P_{60}^{10}	Tormentas que sobrepasan el gasto asociado a P_{60}^{10} previo a la urbanización)	Porcentaje de tormentas que sobrepasan el gasto asociado a P_{60}^{10} previo a la urbanización	Porcentaje de tormentas que sobrepasan el gasto y volumen asociado a P_{60}^{10}
Arroyo Seco	2,356	49.73	16	0.68%	65	3%	0.25%
Ciudad Universitaria	2,850	58.82	14	0.49%	72	3%	0.18%
El Obispo	1,928	31.23	31	1.61%	161	8%	1.19%
La Estanzuela	2,791	58.69	25	0.90%	139	5%	0.50%
Fierro	2,771	43.11	38	1.37%	124	4%	0.61%
Mitras	2,474	51.42	17	0.69%	89	4%	0.40%
Protección Civil	2,893	48.29	20	0.69%	85	3%	0.31%
Radiosondeo	1,441	46.56	12	0.83%	70	5%	0.56%
San Martín	1,809	56.91	8	0.44%	105	6%	0.11%
Santa Catarina	964	39.79	14	1.45%	50	5%	0.73%

3.4. Conclusiones de análisis de tormentas en el Área Metropolitana de Nuevo León.

Es de notar que las lluvias de duración de 60 minutos o menos representan entre el 75 y el 82 por ciento de las tormentas detectadas en cada estación. Por otra parte, más de la mitad dura 40 minutos o menos.

La gran mayoría de los casos de intensidad máxima registrada no sobrepasan la curva de intensidades asociada a los diez años de periodo de retorno. Un caso especial es de La Estanzuela que presenta picos muy pronunciados.

Por otra parte, se observa que los valores máximos y promedios de intensidades de lluvia en tormentas de más de dos horas se parecen mucho entre sí. Esto se debe a que son muy pocas lluvias registradas en esos intervalos y por lo tanto se consideran muestras no representativas.

En cambio, en las lluvias más cortas, donde hay sensiblemente más datos, se observa que la máxima intensidad media observada, $maxIm_d^j$, en cada duración es varias veces más grande que la intensidad media observada $promIm_d^j$.

Cuando se toma en cuenta la urbanización, el gasto asociado a diez años de periodo de retorno se dispara y el de 50 años es aún más grande.

Un gasto asociado a una tormenta de una hora con diez años de periodo de retorno es sobrepasado por los gastos máximos asociados a lluvias de menos de 40 minutos.

Aunque las lluvias de menor duración a 40 minutos son más intensas y provocan un gasto sensiblemente mayor, pocas veces superan el volumen de lluvia acumulada que la tormenta de una hora y periodo de retorno de diez años.

Se ha encontrado que únicamente entre el 0.44% y el 1.61% de todas las tormentas sobrepasan la lluvia acumulada de 60 minutos y un periodo de retorno de diez años.

Es de notar que existen tormentas que sobrepasan la lluvia acumulada de P_{60}^{10} , porque duran tres o más horas pero no provocarán un gasto mayor al asociado a dicha tormenta.



Entonces una estructura que emita únicamente el gasto de una hora con periodo de retorno de diez años y el volumen asociado podrá manejar lluvias más intensas y de mayor duración que P_{60}^{10} . será sobrepasada en volumen y gasto únicamente entre el 0.11 y el 1.19 por ciento de las tormentas. Asumiendo que la lluvia se comporta como se ha observado en el periodo de tiempo en el que se tiene registros.

A partir de lo observado se propone que en casos de Proyectos de Consolidación se proyecte la infraestructura de regulación para manejar el volumen de agua que genera a una tormenta de una hora con periodo de retorno de 10 años, y permitir la emisión de un gasto asociado al de I_{60}^{10} desde el inicio de la tormenta.

Con base en estas conclusiones se propone un método alternativo al estudio hidrológico completo que será descrito en el siguiente capítulo.

4. Procedimiento de estudio hidrológico alterno propuesto

El procedimiento consta de las siguientes 5 etapas:

1. Ubicar predio y definir sus características
2. Asignar Lluvias de Diseño
3. Calcular Gasto de Salida Máximo
4. Calcular Volumen a Regular
5. Calcular Gasto de Excedencia

A continuación, se describirán los pasos a seguir.

4.1 Ubicar predio y definir sus características

Se ubicará el predio a evaluar en un Sistema de Información Geográfica (SIG), además deberá reportarse en el informe del expediente los siguientes elementos mínimos.

- Ubicación geográfica del sitio (Mapas legibles y con simbología)
- Área del predio
- Uso de suelo, cobertura vegetal y características climáticas
- Identificación de Cruces con Zona Federal
- Identificación de si el sitio se encuentra dentro de un Área Natural Protegida
- Análisis de infraestructura pluvial existente en el sitio/predio (en caso de existir)
- Análisis de riesgos hidrometeorológicos con base en el Atlas de Riesgo considerando diversos periodos de retorno (10, 25, 100, 500 y 1000 años)
- Vías de acceso y formas de ingreso al sitio
- Evidencia fotográfica de infraestructura pluvial, sanitaria y de agua potable ya existente

4.2 Asignar Lluvias de Diseño

Se obtendrán dos intensidades de lluvia de las Isoyetas de Nuevo León de la página de la SICT correspondientes a una tormenta de una hora con un periodo de retorno de 10 (diez) años y de 50 (cincuenta) años. Se debe emplear la versión actualizada disponible en la página de la SICT a un mes antes de la presentación del trabajo.

Se deberá ubicar el predio y asignar la intensidad media que le corresponda a dichos periodos de retorno.

I_{60}^{10} Es la máxima intensidad media de la lluvia determinada en el predio de estudio asociada a una duración de 60 minutos y un periodo de retorno de diez años. Medida en mm/hr.

I_{60}^{50} Es la máxima intensidad media de la lluvia determinada en el predio de estudio asociada a una duración de 60 minutos y un periodo de retorno de cincuenta años. Medida en mm/hr.

En la Ilustración 46 y la Ilustración 47 se muestran los mapas de Isoyetas mencionadas en su versión de 2024.

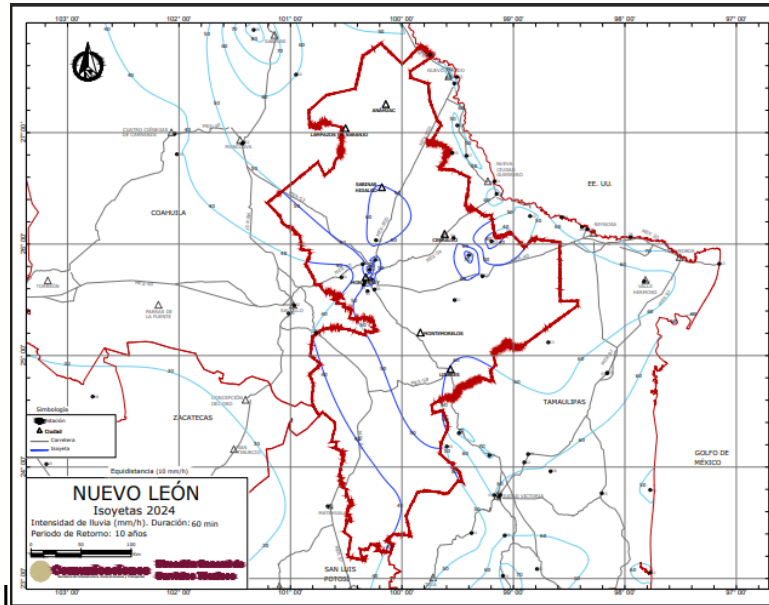


Ilustración 46 Isoyetas del Estado de Nuevo León asociadas a una duración de 60 minutos y un periodo de retorno de 10 años Fuente: (SICT, 2026).

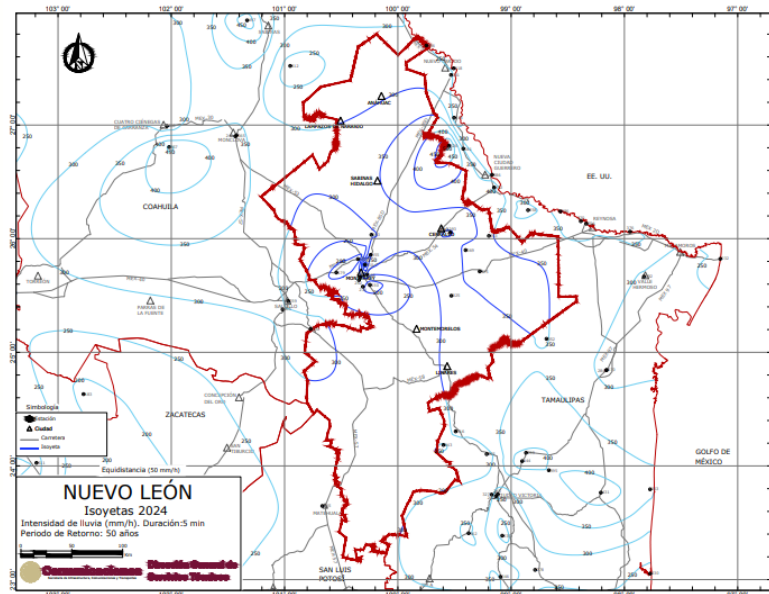


Ilustración 47 Isoyetas del Estado de Nuevo León asociadas a una duración de 60 minutos y un periodo de retorno de 50 años Fuente: (SICT, 2026).

4.3 Calcular Gasto de Salida Máximo

El Gasto de Salida Máximo (q_{smax}) es el máximo gasto que se permitirá verter a la calle o el drenaje pluvial ante lluvias ordinarias. Será determinado con la Ecuación 6 derivada del método racional.

$$q_{smax} = 0.278 C I_{60}^{10} A \quad \text{Ecuación 6}$$

donde:

C es el coeficiente de escurrimiento del método racional americano, un número adimensional asociado a la cuenca *antes* de la urbanización de la misma.

Este coeficiente puede ser determinado con tablas existentes en Bibliografía especializada como la Tabla 4.

Tabla 4. Coeficiente de escurrimiento para cuencas antes de urbanización

Uso y tipo de suelo	Valor Mínimo	Valor Máximo
Bosques en suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos) ¹	0.05	0.1
Bosques en suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos) ³	0.05	0.1
Bosques en suelos arenosos con pendientes medias (pendiente de 0.02 - 0.07) ³	0.1	0.15
Bosques con suelos arenosos escarpados (pendiente de 0.07 o más) ³	0.11	0.14
Bosques en suelos limosos o franco arenosos planos (pendientes 0.02 o menos) ³	0.08	0.10
Bosques en suelos limosos o franco arenosos con pendientes medias (pendiente de 0.02 - 0.07) ³	0.11	0.14
Bosques con suelos limosos o franco arenosos escarpados (pendiente de 0.07 o más) ³	0.14	0.18
Bosques en Suelos arcillosos con arenas planos (pendiente de 0.02 o menos) ³	0.12	0.15
Bosques en suelos arcillosos con poca arena y pendientes medias (0.02 - 0.07) ³	0.13	0.16
Bosques en suelos arcillosos con poca arena escarpados (pendiente de 0.07 o más) ³	0.16	0.20
Bosques en Suelos arcillosos plásticos planos (pendiente de 0.02 o menos) ³	0.12	0.15
Bosques en suelos arcillosos y pendientes medias (pendiente de 0.02 - 0.07) ³	0.16	0.20
Bosques en suelos arcillosos escarpados (pendiente de 0.07 o más) ³	0.20	0.25

Uso y tipo de suelo	Valor Mínimo	Valor Máximo
Pastizales en suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos) ³	0.10	0.14
Pastizales en suelos arenosos con pendientes medias (pendiente de 0.02 - 0.07) ³	0.16	0.22
Pastizales con suelos arenosos escarpados (pendiente de 0.07 o más) ^{1,3}	0.25	0.30
Pastizales en suelos limosos o franco arenosos planos (pendientes 0.02 o menos) ³	0.14	0.20
Pastizales en suelos limosos o franco arenosos con pendientes medias (pendiente de 0.02 - 0.07) ³	0.22	0.28
Pastizales con suelos limosos o franco arenosos escarpados (pendiente de 0.07 o más) ³	0.30	0.37
Pastizales en Suelos arcillosos con arenas planos (pendiente de 0.02 o menos) ³	0.24	0.30
Pastizales en suelos arcillosos con poca arena y pendientes medias (pendiente de 0.02 - 0.07) ³	0.30	0.40
Pastizales en suelos arcillosos con poca arena escarpados (0.07 o más) ³	0.40	0.50
Pastizal en suelo arcilloso. ²	0.15	0.45
Pastizal en suelo arenoso. ²	0.05	0.25
Terrenos sin mejorar ³	0.20	0.20

¹Adaptado de (Aparicio, 1992)

²Adaptado de (Campos Aranda, 2010)

³Adaptado de (H. McCuen, 1998)

Se pueden tomar otros coeficientes de escurrimiento, siempre que estén fundamentados en referencias bibliográficas especializadas y correspondan a las condiciones de la zona de estudio.

I_{60}^{10} es la intensidad de la lluvia determinada en el paso anterior

A es el área del predio a regular expresada en km². Es de notar que toda el área del predio cuenta en este análisis y se debe buscar regular la totalidad del agua de lluvia.

4.4 Calcular Volumen a Regular

El Volumen a Regular V_R en m³ se determinará con la ecuación derivada del método racional americano

$$V_R = 1,000 K_C P_{60}^{10} A$$

Ecuación 7

donde

K_C es el coeficiente de escurrimiento para la condición urbanizada. Se determinará mediante la Tabla 5 que indica el coeficiente en función de material que cubre la superficie donde cae la lluvia. En caso de tener superficies de diferentes materiales se debe realizar un promedio ponderado o asignar el coeficiente más alto.

Tabla 5. Coeficiente de escurrimiento para Techos.

Material o tipo de construcción.	Coeficiente K_C
Cubiertas metálicas o plásticas ¹	0.95
Vidrio ¹	0.95
Techos impermeables o cubiertos con metales duros ¹	0.90
Estacionamientos o calles asfaltados ^{1,2}	0.85
Concreto hidráulico ^{1,2}	0.85
Asfalto o concreto ³	0.85
Fibrocemento ¹	0.85
Lámina corrugada ¹	0.80
Impermeabilizantes derivados de plástico o gravilla ¹	0.75
Adoquinado o empedrado con cemento ¹	0.75
Terrazas ¹	0.60
Adoquín sin juntear ¹	0.60
Patios de juegos con césped ²	0.30

¹Adaptado de (Instituto Mexicano de la Tecnología del agua, 2022)

² Adaptado de (H. McCuen, 1998)

Se aceptan propuestas de coeficiente siempre que estén bien justificados y referidos a una bibliografía técnica especializada, así como a las características de las superficies de captación.

P_{60}^{10} es la lluvia acumulada en 60 minutos con periodo de retorno de diez años, se calcula con la Ecuación 8

$$P_{60}^{10} = I_{60}^{10} * d \quad \text{Ecuación 8}$$

En este caso: $d = 1 \text{ hr}$

Las obras de retención deben tener capacidad de almacenar un 10% más de V_R .

4.4.1 Calcular Volumen a Regular Minorado

El Volumen a Regular puede ser disminuido si se comienza a descargar en los primeros cinco minutos de la tormenta y se continua la descarga durante toda la duración de la misma, en dicho caso se calculará un volumen de salida con.

$$V_{sal} = \overline{q_{sal}} * 3600 \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde

$\overline{q_{sal}}$ es el gasto que sale en promedio frente a todos los estados de llenado del tanque.

Se permite calcularlo con la siguiente ecuación:

$$\overline{q_{sal}} = \frac{q_{sal_1} + q_{sal_2}}{2} \quad \text{Ecuación 10}$$

donde

q_{sal_1} es el gasto de salida desde que la descarga empieza a funcionar, en m³/s, que se descarga a la calle, drenaje pluvial o cuerpo receptor.

q_{sal_2} es el gasto de salida justo antes del llenado del tanque de regulación sin el 10% de seguridad, en m³/s, que se descarga a la calle, drenaje pluvial o cuerpo receptor.

Estos gastos de salida nunca deben ser superior al gasto de salida máximo.

$$q_{sal} \leq q_{smax} \quad \text{Ecuación 11}$$

Esta condición debe ser garantizada mediante el diseño hidráulico del sistema.

El volumen minorado será calculado con

$$V_{min} = V_R - V_{sal} \quad \text{Ecuación 12}$$

Las obras de retención deben tener capacidad de almacenar un 10% más del Volumen a Regular Minorado cuando sea diseñado con esta variable

4.5 Calcular Gasto de Excedencia.

La solución planteada debe proveer infraestructura para que en caso de que se llene el tanque de almacenamiento se desaloje un gasto asociado a una tormenta asociada a un periodo de retorno de 50 años con terreno urbanizado.

Este gasto debe comenzar a ser expulsado cuando el volumen de regulación haya sido alcanzado (sin contar el 10% de seguridad).

$$Q_{exc} = 0.278 K_C I_{60}^{50} A \quad \text{Ecuación 13}$$

4.6 Requerimientos del Diseño Hidráulico

Se deben garantizar las siguientes condiciones.

- Se realizará el vertido con un gasto de excedencia solo cuando se haya almacenado el volumen a regular sin contar el diez por ciento de seguridad
- Una vez que el volumen de agua almacenada sea menor o igual al Volumen de Regulación Minorado, se debe dejar de verter el gasto de excedencia y solo se podrá verter el Gasto de Salida Máximo
- El tanque debe estar vacío cuando ocurra la siguiente tormenta importante, por lo que el agua no puede ser almacenada por un tiempo mayor a doce horas

Se deben anexar planos que contengan:

- Nivel de la calle
- Distribución de superficies que drenan y los coeficientes propuestos
- Niveles de plataformas
- Red de drenaje pluvial del predio a construir
- Nivel del drenaje pluvial donde se descargará el agua, en caso de existir
- El 95% de los escurrimientos generados en la cuenca interna deben ser conducidos hacia las obras de regulación

Se deben proponer componentes tales como

- Sedimentador
- Rejillas



- Entrada hombre.
- Programa de mantenimiento
- El vertido debe cumplir con los criterios del reglamento de la ley estatal de salud en materia de salubridad local
- Se debe cumplir con tirantes máximos de agua sobre vialidades definidos por los reglamentos de municipios
- Se deberá cumplir con leyes y reglamentos municipales, estatales y federales que apliquen

Y demás elementos considerados para su diseño.

En el capítulo seis se presenta una Solución Conceptual, que se presenta como alternativa para Proyectos de Consolidación.

5. Solución Conceptual Estándar

En esta sección se presenta una Solución Conceptual que permita un diseño rápido. Es de notar que siempre que se respeten las tres variables presentadas V_R , q_{sal} , y Q_{exc} así como las limitantes que implican cada una, se pueden proponer múltiples soluciones siempre que sean técnicamente viables.

Sea una estructura como la mostrada en la Ilustración 48. En este caso la entrada permite que ingrese un gasto que proviene de los techos del terreno Q_p .

En esta solución conceptual se tomará q_{sal_1} como el gasto que se presenta cuando el tanque llega al nivel N_1 .

La salida es a gravedad, el tubo de diámetro d_{sal} que se encuentra al fondo permite salir el agua de lluvia desde que esta comienza a verterse en el tanque. Su diámetro limitado no permite que pase más allá del Gasto de Salida Máximo determinado en la Ecuación 6, aunque suba el nivel del tanque hasta el nivel N_2 .

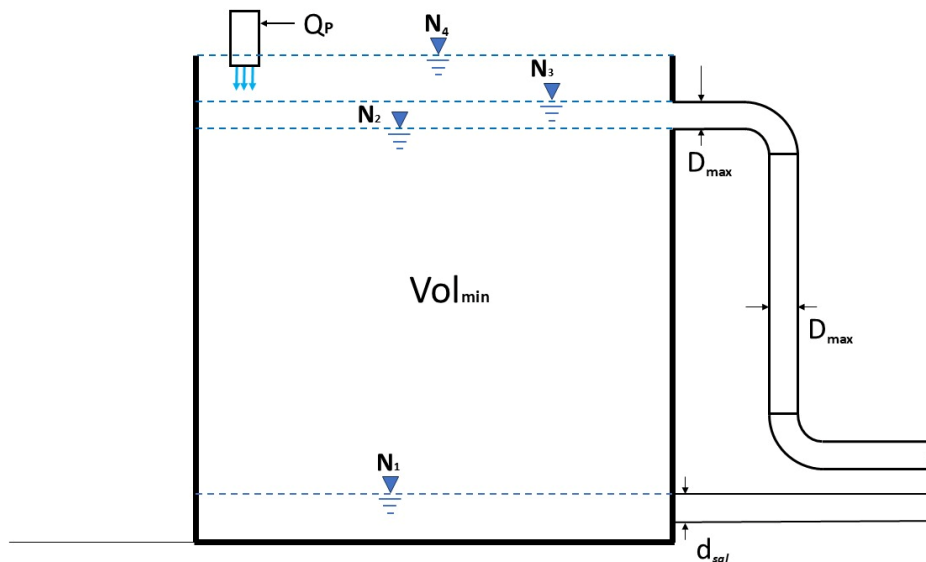


Ilustración 48.-Diagrama conceptual de tanque de retención. Fuente. Elaboración propia.

Dado que se está descargando desde el inicio un gasto de salida, se puede utilizar la Ecuación 12 que permite un Volumen de Regulación Minorado V_{min} . En esta

solución el tanque tiene un área tal que cuando se alcanza el nivel N_2 se ha almacenado el equivalente a dicho volumen y en este punto se presenta q_{sal_2} .

En el momento que el tanque alcanza el Volumen a Regular Minorado V_{min} comienza a funcionar un tubo cuyo diámetro es D_{max}

El nivel N_3 se presenta cuando el tubo de excedencia empieza a trabajar a presión, se debe garantizar mediante diseño que en esta situación se comience a descargar el Q_{exc} determinado en la Ecuación 13.

El nivel N_4 es tal que permite que el tanque almacene el 10% más del Volumen a Regular Minorado y no puede ser menor a D_{max} .

El diseño hidráulico debe considerar que el tubo de salida aguante las presiones que se generarán cuando funcione el tubo de excedencia. Y deben romper la presión a la salida del mismo, así como garantizar que en ninguno momento se descargue a chorro. Esta solución puede ser adaptada a cada diseño, por ejemplo, en la Ilustración 49 se le ha añadido otra salida con una válvula que permite meter el agua a un sistema de aprovechamiento.

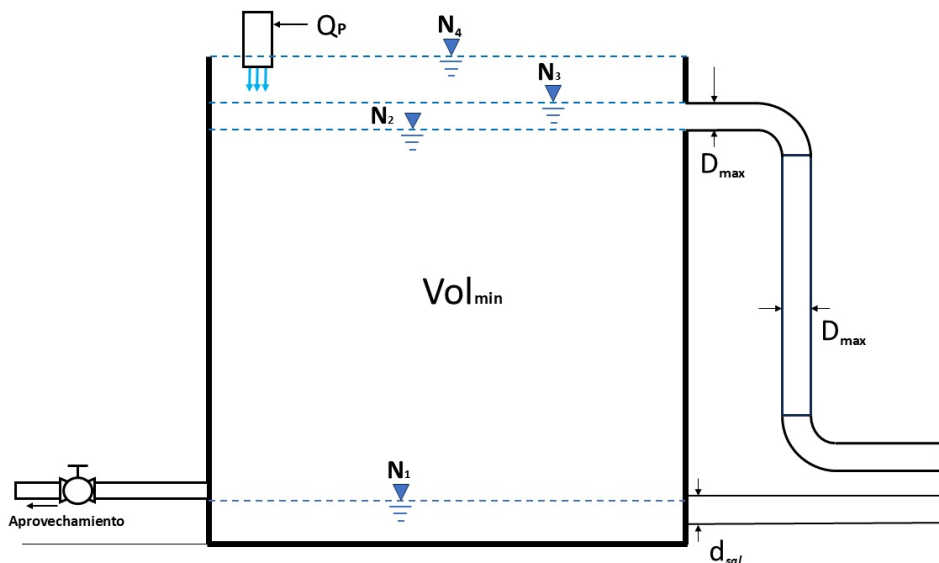


Ilustración 49.-Diagrama conceptual de tanque modificado. Fuente. Elaboración propia.

En la Ilustración 50. Se muestran varios tanques funcionando con la misma lógica. En este caso cada tanque debe ser calculado con las áreas tributarias respectivas, en conjunto deben ser capaces de cumplir con V_{min} , si bien el Gasto Máximo de Salida solo se debe garantizar al final del circuito.

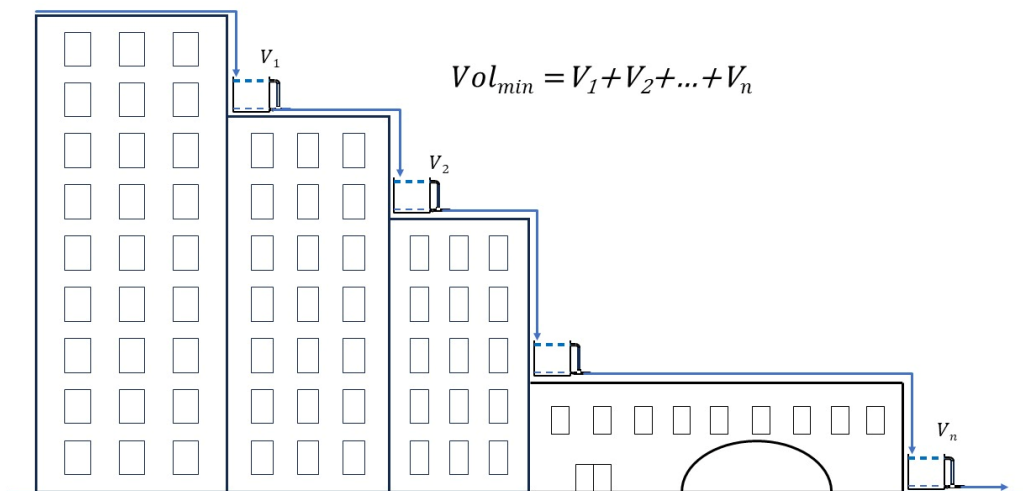


Ilustración 50.-Diagrama conceptual de varios tanques. Fuente. Elaboración propia.



6. Consideraciones finales.

Para que un trabajo sea evaluado en base a este procedimiento alterno, deben especificar al inicio del expediente que desean que así sea y cumplir con las características de un Proyecto de Consolidación, y no quedar dentro de las características excluyentes.

En caso de duda, se recomienda consultar con el personal de SADM previo al desarrollo de los estudios requeridos para la dictaminación pluvial.

La solución aquí presentada es conceptual. Al presentar el estudio hidráulico se debe garantizar mediante una memoria de cálculo y las especificaciones pertinentes que el modelo propuesto final será hidráulicamente funcional y cumplir con las condiciones mencionadas.

También se deben incluir los planos que atiendan todo lo mencionado anteriormente. Dichos planos serán sellados por la Coordinación de Planeación Hídrica una vez se emita el dictamen positivo.

Bibliografía

- León Cruz, J. F. (2025). *Tormentas convectivas severas en México: génesis y riesgos asociados. Colección riesgo y sociedad | volumen 5*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de superficie*. México D.F.: Limusa.
- Campos Aranda, D. F. (2010). *Introducción a la Hidrología Urbana. Primera edición*. San Luis Potosí, Mexico.
- Gobierno de Jalisco. Poder Ejecutivo. Secretaría General de Gobierno. Estados Unidos Mexicanos. (2021). *LA LEY DEL AGUA PARA EL ESTADO DE JALISCO Y SUS MUNICIPIOS*. Guadalajara, Jalisco: Gobierno de Jalisco.
- Google Gemini. (06 de 03 de 2026). *Impacto de la urbanización en el escurrimiento: Hidrogramas pre y post-desarrollo [Imagen generada por IA]*. Google. Obtenido de Google Gemini: www.google.com
- H. McCuen, R. (1998). *Hidrologyc Analysis and Design second edition*. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Instituto Mexicano de la Tecnología del agua. (2022). *¿Cómo hacer un sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) en mi escuela?* Jiutepec,, Morelos, México: IMTA.
- SEMARNAT. (2013). NMX-AA-164-SCFI-2013. . *Edificación sustentable-criterios y requerimientos ambientales mínimos*.
- SICT. (08 de 03 de 2026). *Direccion General de Servicios técnicos de la SCT*. Obtenido de <https://micrs.sct.gob.mx/images/DireccionesGrales/DGST/Isoyetas-2025-Duracion/NUEVO%20LEON/10.pdf>
- U. S. Soil Conservation Service. (1957). *National Engineering Handbook sec 4 suplement A. Hidrology*. Washington D.C.: Dept. of agriculture.