

## **Art. V.14 Elaboración de Estudios Hidrológicos e Hidráulicos y Propuestas de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para la Mitigación del Impacto Hidrológico**

El proyecto que modifique las condiciones actuales de impermeabilización o cobertura del suelo deberá realizar un estudio hidrológico y un análisis hidráulico de la situación existente del proyecto y entorno, al momento del Permiso de Construcción (Art. VIII.17, literal h) asimismo tendrá que diseñar la infraestructura hidráulica que garantice la mitigación del Impacto Hidrológico generado por las modificaciones, considerando condiciones antes del desarrollo y post desarrollo, las que se deberán proponer con el proyecto.

La finalidad del estudio hidrológico y el análisis hidráulico de las condiciones del sector será analizar y caracterizar el manejo actual de la escorrentía pluvial en el sitio donde se pretende desarrollar el proyecto, con el objetivo de definir la capacidad de descarga que posee la infraestructura de drenaje de aguas lluvias aledaña al proyecto; ya sea un sistema primario o secundario, y que la OPAMSS pueda emitir un dictamen de las condiciones a generar en cuanto al manejo de la escorrentía por el proyecto a ejecutar.

Cuando la descarga del proyecto sea directa a un sistema primario, no exista punto de descarga cercano al proyecto, o exista insuficiente capacidad hidráulica, OPAMSS solicitará para el caso específico análisis hidráulicos especiales, conforme a lo establecido en Art. VIII.7 literal c.

Los Estudios Hidrológicos e Hidráulicos deberán ser realizados por un Ingeniero Civil o afín, tal y como lo establece el Art. VII.9, el cual será el directo y único responsable del contenido presentado en los Estudios.

OPAMSS podrá solicitar al profesional que realiza los estudios descritos a continuación (o en su defecto al propietario del proyecto) el modelo hidrológico, hidráulico topografía, red levantada y el ingreso a los sistemas de mitigación de impacto hidrológico (aún en etapa de funcionamiento) para lo cual OPAMSS acordará el formato de presentación y los datos mínimos necesarios.

### **I) Estudio Hidrológico**

El contenido mínimo de un estudio hidrológico será:

- Ubicación del proyecto georreferenciado en un mapa cartográfico o imagen satelital
- Descripción del proyecto a ejecutar
- Delimitación de área de influencia
- Definición de patrones de lluvia a aplicar
- Determinación de análisis de volumen de escorrentía
- Cálculo de caudal comprobando la metodología aplicada
- Conclusiones y recomendaciones

#### ***Ubicación del Proyecto***

Se deberá presentar de manera gráfica la ubicación del proyecto, mediante un mapa que indique de manera georreferenciada la ubicación del área a intervenir dentro de un mapa cartográfico del CNR o una imagen satelital reciente (pudiendo incluir análisis en el tiempo), que demuestre el entorno hidrológico del mismo. A tal fin se podrá utilizar el Geoportal de OPAMSS.

### ***Descripción del Proyecto***

Se deberá realizar una descripción del proyecto a ejecutar. Para el caso de edificaciones se deberá describir las características arquitectónicas y de infraestructura por implementar y establecer cuadro de áreas permeables e impermeables y en el caso de urbanizaciones las características del desarrollo urbano, también incluyendo un cuadro de áreas permeables e impermeables. En ambos casos, será necesario realizar una descripción del entorno en cuanto al manejo actual de la escorrentía del sitio, identificación de riesgos o vulnerabilidades existentes, por ejemplo inundaciones históricas, incluyendo registro fotográfico realizado por el responsable del estudio, considerando las posibles afectaciones del proyecto en el sitio o aguas abajo.

### ***Delimitación del Área de Influencia***

Se deberá describir el proceso y presentar de manera mapa georreferenciado con escala adecuada de la delimitación del área de influencia en donde se muestre la altimetría del sector mediante curvas de nivel y el sistema hidrográfico del área de influencia hacia el punto de interés; considerando para el caso de cuenca urbana, se deberá definir el área de aporte de la red de colectores de aguas lluvias de interés.

### ***Patrones de Lluvias***

Se deberá presentar la justificación de los datos de lluvia de la estación hidrometeorológica a utilizar, con base a la ubicación del proyecto y del área de influencia.

Los datos de lluvia considerados son los obtenidos de la información oficial de la DGOA-MARN, los cuales consisten en Datos de Intensidad de Precipitación Máxima Anual convertidos a curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia para las siguientes estaciones del AMSS:

- Estación Aeropuerto Ilopango (S-10)
- Estación ITIC (S-04)
- Estación Santa Tecla (L-08)
- Estación Boquerón (L-18)

Normalmente se utilizarán los datos de una sola estación si la ubicación del proyecto se encuentra en el radio de influencia de 5 km de esa estación. Entre 5 km y 10 km, es decir, donde no se cumpla la condición anterior, se recurrirá a una ponderación de las estaciones para determinar datos base para la construcción de las curvas IDF. El peso de cada estación será determinado por el inverso de la distancia. En ningún caso los valores obtenidos por ponderación podrán ser inferiores al 85% del mayor valor de las estaciones consideradas.

En el caso de que el proyecto se ubique en zonas cuya estación más cercana se encuentre a más de 10 km de distancia de la estación más cercana, se utilizará la estación S-04 para los Municipios de Tonacatepeque, Delgado, Cuscatancingo (sector sur); la estación L-18 para los Municipios de Apopa, Nejapa, Cuscatancingo (sector norte), Ayutuxtepeque y Mejicanos; la estación L-08 para San Salvador, Antiguo Cuscatlán, San Marcos y Santa Tecla; la Estación S-10 para los Municipios de Soyapango, Ilopango y San Martín.

### **Análisis del Volumen de Escorrentía**

Se establecen dos métodos de definición de volumen de escorrentía:

- Método de coeficiente de escorrentía
- Método de curva número de SCS.

El método de coeficiente de escorrentía “C” es el que obtiene de la relación entre el caudal de escorrentía y la lluvia observada, en una superficie con uso de suelo definida. Los valores de coeficiente de escorrentía que se adoptarán para los Estudios que se presentarán a OPAMSS, se establecen en la siguiente tabla:

#### **PARA ÁREAS URBANAS O SEMI URBANAS**

Uso de suelo	Coeficientes de escorrentía		
	Valor Mínimo	Valor Recomendado	Valor Máximo
Comercio	0.80	0.90	0.95
Residencial alta densidad	0.70	0.75	0.80
Residencial media densidad	0.45	0.55	0.60
Residencial baja densidad	0.35	0.45	0.50
Industrial más del 70% impermeable	0.70	0.80	0.90
Industrial hasta el 70% impermeable	0.60	0.70	0.80
Parques y cementerios			
Área verde permeable mayor al 80%	0.20	0.25	0.25
Área verde permeable entre 40% y 80%	0.30	0.35	0.40
Área verde permeable menor al 40%	0.50	0.65	0.75
Pavimentos, parqueos, vías pavimentadas	0.85	0.90	0.95
Pavimento de Concreto Permeable			
Con base granular drenada ≤ 20cm	0.70	0.75	0.80
Con base granular drenada > 20cm	0.60	0.65	0.70
Sin base granular o con base no drenada	0.70	0.80	0.85
Áreas peatonales	0.80	0.85	0.85
Techos	0.80	0.90	0.95
Techos verdes con capa de drenaje			
Espesor de suelo vegetal ≤ 20cm	0.65	0.70	0.75
Espesor de suelo vegetal > 20cm	0.55	0.60	0.65

En caso de que el responsable del diseño decida utilizar valores entre el valor mínimo y el valor recomendado indicados en la tabla anterior, éstos deberán ser justificados con evaluaciones

teóricas o calibraciones físicas que los respalden. Valores entre el recomendado y el máximo, podrían ser solicitados por OPAMSS si las condiciones locales así lo ameriten.

## OTROS TIPOS DE ÁREA

Uso del suelo	Coefficientes de escorrentía
Cultivos. Pendiente hasta el 1%	0.50
Cultivos. Pendiente entre 1-5%	0.55
Cultivos. Pendiente entre 5-20%	0.60
Cultivos. Pendiente entre 20-50%	0.65
Cultivos. Pendiente más del 50%	0.70
Vegetación ligera. Pendiente hasta el 1%	0.45
Vegetación ligera. Pendiente entre 1-5%	0.50
Vegetación ligera. Pendiente entre 5-20%	0.55
Vegetación ligera. Pendiente entre 20-50%	0.60
Vegetación ligera. Pendiente entre 50%	0.65
Bosque de sombra. Pendiente hasta el 1%	0.15
Bosque de sombra. Pendiente entre 1-5%	0.20
Bosque de sombra. Pendiente entre 5-20%	0.25
Bosque de sombra. Pendiente entre 20-50%	0.30
Bosque de sombra. Pendiente entre 1-5%	0.30

En el caso de la curva número (CN), los valores que se adoptarán para los Estudios que se presentarán a OPAMSS y para la condición de Humedad Antecedente II, se establecen en la siguiente tabla:

Uso de la tierra	Prácticas de cultivo	Condiciones hidrológicas	Características hidrológicas del suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Surco recto	Pobre	77	86	91	94
Cultivos en hilera	Surco recto	Pobre	72	81	88	91
	Surco recto	Bueno	67	78	85	89
	Curvas a nivel	Pobre	70	79	81	88
	Curvas a nivel	Bueno	65	75	82	86
	Curvas a nivel/terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curvas a nivel/terrazas	Bueno	62	71	78	81
Grano pequeño	Surco recto	Pobre	65	76	84	88
	Surco recto	Bueno	63	75	83	87
	Curvas a nivel	Pobre	63	74	82	85
	Curvas a nivel	Bueno	61	73	81	84
	Curvas a nivel/terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curvas a nivel/terrazas	Bueno	59	70	78	81
Legumbres o praderas rotativas	Surco recto	Pobre	66	77	85	89
	Surco recto	Bueno	58	72	81	85

	Curvas a nivel	Pobre	64	75	83	85
	Curvas a nivel	Bueno	55	69	78	83
	Curvas a nivel/terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curvas a nivel/terrazas	Bueno	51	67	76	80
Pastizales		Pobre	68	79	86	89
	Curvas a nivel	Regular	49	69	79	84
	Curvas a nivel	Bueno	39	61	74	80
	Curvas a nivel	Pobre	47	67	81	88
	Curvas a nivel	Regular	25	59	75	83
		Bueno	6	35	70	79
Praderas(perm)		Bueno	30	58	71	78
Bosques	Con cobertura pobre	Pobre	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
	Con buena cobertura	Bueno	25	55	70	77
Granjas			59	74	82	86
Caminos terracería			72	82	87	89
Caminos pavimentados sin cunetas			74	84	90	92
Caminos pavimentados con cunetas			98	98	98	98
Áreas comerciales (80% impermeable)			89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)			81	88	91	93
Áreas residenciales (65% impermeable)			77	85	90	92
Áreas residenciales (25% impermeables)			54	70	80	85
Pavimento y tejados (superficies impermeables)			100	100	100	100

GRUPO A:	Suelos con alta capacidad de infiltración. Suelos profundos, arenas y gravas bien o excesivamente drenadas.
GRUPO B	Suelos con moderada capacidad de infiltración. Suelos de moderadamente profundos a profundos, con texturas moderadamente gruesas
GRUPO C	Suelos con baja capacidad de infiltración. Suelos con estratos que impiden el movimiento hacia abajo del agua o suelos con textura de moderadamente fina a fina.
GRUPO D	Suelos con muy baja capacidad de infiltración. Suelos arcillosos, suelos con altas napas freáticas permanentes o con materiales impermeables cerca de la superficie.

El responsable del diseño deberá presentar en su memoria de cálculo, el análisis tanto en condiciones de Humedad Antecedente II así como en condiciones de Humedad Antecedente III, para lo cual deberá realizar las conversiones de los valores de CN considerados en la tabla anterior a los nuevos valores de CN que deben ser utilizados en el cálculo, según la fórmula siguiente:

$$CN_{III} = \frac{23CN_{II}}{10 + 0.13CN_{II}}$$

Para el diseño de los sistemas de conducción, captación y cálculo de los sistemas de retención/laminación de los sistemas de mitigación del Impacto Hidrológico, se utilizarán los resultados que se obtengan en condiciones de Humedad Antecedente III.

Las evaluaciones de procesos de infiltración y evapotranspiración podrán hacer referencia a los resultados obtenidos en condiciones de Humedad Antecedente II.

En la selección del GRUPO de Suelo para la selección del apropiado CN, se deberán considerar los aspectos hidrogeológicos, en especial la absorción de los suelos, considerando un comportamiento promedio de los primeros 10 metros de materiales por debajo de la superficie

expuesta, para lo cual el responsable del estudio podrá realizar campañas de campo o utilizar los mapas correspondientes de OPAMSS.

En ambos métodos se podrán hacer ponderaciones utilizando el área o porción de ella caracterizadas por un solo valor de "C" o "CN" utilizando el valor del área como peso de la ponderación. Podrán ser utilizados algoritmos de cálculo que integren las áreas y determinen el exceso de lluvia (escorrentía) en función del tiempo, para lo cual se ampliará más adelante.

Sin perjuicio de lo anterior, se podrán presentar otros métodos de cálculo siempre y cuando sea justificado su uso y respaldado mediante demostración teórica y validación de los parámetros adoptados.

### **Cálculo de Caudal**

Para la definición del caudal hidrológico se utilizará un período de retorno de 50 años como mínimo, aun cuando la OPAMSS podrá solicitar la modificación del cálculo del caudal para un período de retorno mayor en base a los antecedentes de la escorrentía del sitio y/o a la envergadura del proyecto a ejecutar, para 100 años.

La metodología para el cálculo del caudal hidrológico se define tomando como base el valor del área de influencia:

- Método Racional para áreas con extensión igual o menor a 15,000 Ha,
- Métodos de Modelación Hidrológica en todas las demás condiciones y en toda evaluación del sistema de drenaje primario

Para el Método Racional se deberán respaldar los valores asignados a cada uno de los parámetros de la ecuación. En particular, la definición del valor de intensidad (I) deberá ser demostrada por medio de la aplicación de por lo menos 3 fórmulas conocidas para establecer el tiempo de concentración. El responsable podrá seleccionar el valor que considere más oportuno entre los evaluados siempre y cuando ese valor no sea mayor del promedio de todos los valores utilizados más el 30%, en cuyo caso, se adoptará este último. El valor obtenido se define  $t_{con\_c}$

#### *Ejemplo 1:*

*En un cierto punto los Tiempos de concentración obtenidos por tres métodos diferentes escogidos por el responsable del estudio y razonablemente aplicables a las condiciones del proyecto, son (en segundos):*

$TC_1$	250
$TC_2$	265
$TC_3$	378

*El valor promedio de los anteriores es:*

$$TC_{med} = 297.6667$$

*Y el valor medio más el 30% resulta ser:*

$$TC_{med} * 1.30 = 386.9667$$

Al ser el valor máximo de los tres seleccionados menor que el promedio más el 30%, el tiempo de concentración máximo que se podrá utilizar es:

$t_{con\_c\ max} = 378$   
que coincide con el  $TC_3$

Ejemplo 2:

En un cierto punto los Tiempos de concentración obtenidos por tres métodos diferentes escogidos por el responsable del estudio y razonablemente aplicables a las condiciones del proyecto, son (en segundos):

$TC_1$	250
$TC_2$	265
$TC_3$	450

El valor promedio de los anteriores es:

$$TC_{med} = 321.6667$$

Y el valor medio más el 30% resulta ser:

$$TC_{med} * 1.30 = 418.1667$$

Al ser el valor máximo de los tres seleccionados mayor que el promedio más el 30%, el tiempo de concentración máximo que se podrá utilizar es:

$t_{con\_c\ max} = 418.1667$   
que es menor que el valor máximo de los calculados,  $TC_3$

El valor final del tiempo de concentración a ser considerado para la evaluación de "I",  $t_{con\_i}$ , será igual a:

$$t_{con\_i} = 0.70 * t_{con\_c}$$

Para el método por modelación hidrológica se puede utilizar el programa HEC-HMS, que es un software distribuido de manera gratuita por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos.

Para cualquier modelo de cálculo se utilice, se deberán presentar en editable los resultados del modelo hidrológico, así como todos los valores que se introdujeron al mismo para la obtención del caudal.

## Conclusiones y Recomendaciones

Se deberán presentar conclusiones y recomendaciones, donde se detallen los impactos del proyecto al entorno y aguas abajo, propuestas de obras de mitigación, así como brindar las recomendaciones para el análisis hidráulico, como por ejemplo, ampliar el análisis por susceptibilidad a flujos de escombros, o que se consideren análisis de transporte de sedimentos según la cuenca particular, además incluir una propuesta para el manejo de la escorrentía superficial del proyecto.

## **II) Análisis Hidráulico**

El análisis Hidráulico se diferenciará de acuerdo al tipo o emplazamiento del proyecto y al punto de descarga previsto.

- **Análisis Hidráulico de Cuerpo de Agua.** Se deberá realizar un análisis hidráulico de un cuerpo de agua entendiéndose por este, vaguadas, quebradas o ríos, cuando el proyecto contenga dentro de su área un cuerpo de agua o en cualquiera de sus colindancias.

Para esto será necesario presentar el levantamiento topográfico a lo largo del cuerpo de agua con secciones cada 50 metros como mínimo en tramos aproximadamente rectos y a 20 m en tramos de cambios de dirección sustanciales, en cualquier cambio de sección transversal tanto en estrechamiento como en ampliación y 4 secciones en cada obra de paso (2 adyacentes a la obra y 2 colocadas de cada lado a una distancia aproximada de 4 veces el ancho del cauce en el tramo, considerando todo el tramo de influencia del proyecto sobre el cuerpo de agua, como mínimo el análisis deberá presentar 3 secciones en puntos más desfavorables (Cuando el terreno frente al cauce sea corto). Si en el caso de estudio existiera infraestructuras hidráulicas en el cauce, estas deberán ser levantadas con topografía y deberán ser analizadas hidráulicamente.

La OPAMSS podrá solicitar que se amplie el análisis aguas arriba o aguas abajo del tramo de influencia del proyecto, con la finalidad de revisar el comportamiento hidráulico del cauce por alguna condición particular existente. A tal fin se establece una longitud mínima de 200 metros aguas arriba y aguas abajo medidas a partir del inicio y fin de la zona de influencia directa, respectivamente. Si en el extremo de aguas abajo, esta zona de influencia se traslapara con la zona de posible remanso de una obra de paso, el área de estudio se amplía hasta abarcar 200 m después de la salida de la obra de paso. La zona de posible remanso se considerará de 250 m de longitud.

Para la realización del análisis hidráulico se recomienda la utilización del programa HEC-RAS que es un software distribuido de manera gratuita por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. Se deberá presentar los resultados del modelo hidráulico, así como la comprobación de valores con las que se realizó dicha modelación, incluyendo proyecto en editable. El caudal que será utilizado en la modelación será el definido en el estudio hidrológico.

Todos los parámetros de la modelación hidráulica del cuerpo de agua deberán ser justificados y respaldados anexando la fuente de los valores adoptados y explicando el motivo de la selección de los valores utilizados.

Adicionalmente, se deberá presentar un plano a escala adecuada en donde se defina la ocupación que alcanzará el cuerpo de agua en planimetría y el nivel de aguas máxima en las secciones analizadas.

En el caso que exista infraestructura hidráulica en el cauce, se deberá presentar el análisis particular de la misma y verificar su comportamiento y capacidad hidráulica. Si el estudio demostrare que la infraestructura hidráulica no posee la capacidad necesaria, OPAMSS podrá solicitar evaluaciones adicionales a su criterio y en función del problema específico



identificado. **Si las condiciones hidráulicas determinan una condición de amenaza que determinara un riesgo inaceptable para las condiciones de vulnerabilidad preexistentes o a consecuencia de la implementación del proyecto, OPAMSS podrá solicitar que se presenten propuestas de solución que serán a costo y cuenta del propietario del proyecto.**

Se podrán presentar otros métodos de análisis hidráulicos para cuerpos de agua; siempre y cuando se demuestre teóricamente su análisis y resultados.

Se definirá la zona hidráulica a partir de las informaciones obtenidas con el plano de ocupación del cuerpo de agua y de las secciones transversales donde se observa la altura alcanzada por el agua en el cuerpo de agua y será insumo para la definición de la zona de Protección establecida en el Art. V.13. Para definir el ancho de la zona de hidráulica, **se duplicará la máxima altura de agua definida en las secciones** y se proyectará esta elevación hacia ambos márgenes. La zona hidráulica será por lo tanto obtenida como la intersección de una línea horizontal a la elevación antes definida, sobre ambos márgenes y en cada sección. Se procederá a generar una línea paralela a la zona de ocupación del cuerpo de agua utilizando los valores obtenidos en cada sección. En toda sección donde la distancia horizontal entre la intersección de la cota del agua con ambos márgenes y el doble de la cota de agua con ambos márgenes fuera inferior a 5 metros, se mantendrá como mínimo dicho valor.

Donde la altura de agua duplicada no tuviera intersección con una o ambas márgenes, se considerará como punto de control de la zona de ocupación del cuerpo de agua en esa margen, una distancia de 25 metros con respecto al punto de máxima altura no duplicada.

Donde la altura de agua no duplicada no tuviera intersección con una o ambas márgenes, se considerará como punto de control de la zona de ocupación del cuerpo de agua en esa margen, una distancia de 50 metros con respecto al primer punto más alto de esa margen más cercano al eje de la sección.

En caso que aplique, considerar un análisis de transporte de sedimentos que brinde datos de capacidad hidráulica del cauce o de las obras en condición solo agua y mixtura de agua y sedimentos.

Se tendrán que presentar conclusiones y recomendaciones de los resultados del análisis hidráulico. En el caso que así se requiera, se deberá plantear obras de protección necesarias o medidas de mitigación a costo y cuenta del propietario del proyecto.

- **Análisis Hidráulico de Colectores de Aguas Lluvias.** Si el proyecto posee un sistema de drenaje de Aguas Lluvias aledaño o este afectado en el interior del terreno, en el cual se prevé la descarga, se deberá presentar como mínimo el análisis hidráulico del colector existente donde se prevé la descarga del proyecto; así mismo, una descripción del sistema de aguas lluvias hasta la descarga al cuerpo de agua cuando aplique y el análisis hidráulico correspondiente con y sin el aporte del proyecto. Asimismo, realizar un levantamiento topográfico de la red de aguas lluvias existente aledaña al proyecto.

Para el análisis hidráulico del colector se podrán aplicar ecuaciones hidráulicas como la Manning o programas que realicen dicho análisis con base a ecuaciones reconocidas. La

definición del caudal con el que se analizará será el determinado a partir del área de influencia del colector, los patrones de lluvia utilizados en el análisis hidrológico, pero para **un período de retorno mínimo 25 años**, las condiciones de uso de suelo definidas en el área de influencia y la aplicación del método racional, considerando como tiempo de concentración el valor de cinco minutos para la determinación del valor de intensidad de lluvia.

La OPAMSS podrá solicitar que se amplíe el análisis hidráulico del sistema de aguas lluvias, basándose en los antecedentes de la escorrentía del sitio y/o a la envergadura del proyecto a ejecutar. Tal y como se indica en el Art. VIII.7 c)

Se tendrán que presentar conclusiones y recomendaciones de los resultados del análisis hidráulico. En el caso que así se requiera, se deberá plantear obras necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de aguas lluvias, las cuales serán a costo y cuenta del propietario del proyecto.

- **Análisis Hidráulico Especiales.** Si el proyecto a ejecutar tiene un impacto directo dentro del cuerpo de agua, la OPAMSS o que no exista punto de descarga cercano al proyecto podrá solicitar la ampliación o modificación a los requerimientos del análisis hidráulico. El cual podrá ser definido en su contenido por las condiciones particulares del sector.

### **III) Sistemas de Mitigación del Impacto Hidrológico**

Los Sistemas de Mitigación del Impacto Hidrológico consisten en obras construidas dentro de los proyectos que garanticen que el excedente de agua que se genera a consecuencia de los cambios en el uso de suelo con respecto a una situación anterior a definir tenga un impacto mitigado en los sistemas de drenaje de Aguas Lluvias tanto primarios como secundarios donde se prevé la descarga del proyecto.

Las obras antes definidas pueden ser aquellas que capten, infiltren, retengan o detengan el agua de escorrentía superficial modificando así el caudal que alcanza la descarga.

Por lo anterior, se pueden plantear propuestas que tomen en consideración el uso de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), pudiendo usar de base la Guía Técnica de Diseño de SUDS (la cual se puede encontrar en plataforma digital de OPAMSS), siempre y cuando sea viable su implementación y mantenimiento a lo largo de la vida útil del proyecto.

Para los sistemas que incluyan la infiltración, considerarlo siempre que la condición de materiales existentes en el inmueble lo permita, para lo cual deberá investigar las condiciones hidrogeológicas y realizar pruebas de infiltración del sitio, tomando en cuenta la calidad de las aguas que se pretenden infiltrar.

Toda obra que recaiga en este acápite deberá ser diseñada para un caudal hidrológico con período de retorno de 25 años, tomando como base los patrones de lluvia utilizados en el estudio hidrológico.

Las condiciones de diseño, es decir el caudal y el punto de descarga, serán definidos por OPAMSS y deberá ser retomado por el estudio hidrológico y análisis hidráulico presentado para el proyecto, tomando en consideración la situación del manejo de la escorrentía del entorno. OPAMSS fijará

un valor de reducción del caudal con respecto a la condición antes del desarrollo (condición antes de la intervención propuesta, cualquiera que fuere y aún en áreas anteriormente intervenidas) entre un valor mínimo del 50% a un máximo del 90% en función de las condiciones actuales del área aledaña en cuanto al sistema de drenaje primario o secundario, según la tabla a continuación:

Tabla 1 Porcentajes de reducción de caudales

<b>Condición de funcionamiento actual de los sistemas aledaños al proyecto (zona de influencia directa hidráulica)</b>		<b>Porcentaje de reducción</b>
<b>Primario</b>	<b>Secundario</b>	
Normal	Normal	50%
Normal	Sobrecargado	75%
Sobrecargado	Normal	75%
Sobrecargado	Sobrecargado	90%

El diseño de verificación de las obras de este acápite deberá realizarse por medio de métodos basados sobre modelaciones hidrológicas – hidráulicas y que tomen en consideración la capacidad de infiltración del suelo (en caso de ser aplicado) y la relación de hidrograma de escorrentía (entrada) con el volumen de detención/laminación y el orificio de control.

Para el caso de cualquier sistema de retención/laminación, se deberá de proponer siempre un orificio de control el cual descargue a una cámara adicional inspeccionable, para luego generar la tubería de conducción que va hacia la descarga. Así mismo, se deberá plantear la ejecución de un vertedero de excedencia, como mínimo cinco centímetros por debajo del nivel más bajo de tubería de llegada. Se deberá comprobar que dicho vertedero, tenga la capacidad suficiente para descargar el caudal de entrada al sistema, menos el máximo caudal que descargaría el orificio de control. Este vertedero deberá estar conectado a la misma cámara adicional a la que descarga el orificio de control y el caudal deberá ser considerado en la verificación hidráulica del tubo de descarga.

La tubería que va hacia la descarga deberá poseer la capacidad suficiente para conducir el caudal de pico que entra al sistema de retención/laminación sin considerar el efecto de la función de laminación del sistema, esto por efectos de que un evento de lluvia exceda los patrones de lluvia utilizados para el diseño y entre en funcionamiento el vertedero de excedencia. El sistema de excedencia y su conexión a la cámara de descarga (donde descarga el orificio) deben ser construidos para poder ingresar a inspeccionar.

Todos los sistemas de retención/laminación deben poseer cámaras con función de filtro para la detención de sólidos gruesos previos al ingreso del agua al sistema. La dimensión máxima de sólidos que puedan superar los filtros será igual o menor que 1/3 de la dimensión transversal mínima del orificio o del vertedero de excedencia.

En el caso de que la salida del sistema de retención/laminación se encuentre por debajo del punto de descarga, será necesario la implementación de un rebombeo de aguas lluvias. Para la definición de la capacidad de la bomba, se tomará como base el caudal máximo de descarga y la carga dinámica total a superar sin considerar pérdidas. Se deberá dejar previsto la instalación de dos equipos con las mismas características por efectos de que al momento del evento de lluvia uno pudiera fallar así como y por el mismo motivo, de un backup eléctrico de emergencia con sistema

automático de encendido y switch. La tubería de impelencia deberá ser diseñada para el caudal máximo de descarga y está deberá llegar a una caja de registro, en la cual desfogue de manera adecuada para luego incorporarse por gravedad al punto de descarga.

En el caso que la factibilidad de aguas lluvias dictamine que la descarga será a cordón cuneta y por efectos de los niveles de desarrollo del proyecto el sistema de retención quede por debajo del punto de descarga, se podrá realizar un planteamiento técnico que sustente la posibilidad de descargar a alguna infraestructura hidráulica existente en el sector, para evitar la necesidad de sistemas de bombeo de aguas lluvias, siempre y cuando las condiciones de los sistemas existentes tenga la capacidad de aceptar el caudal o se mejoren las condiciones a cuenta y costo del propietario del proyecto.

Adicionalmente al diseño de las obras de este acápite, se deberá presentar el manual de mantenimiento de las obras a implementar. Así mismo, es necesario presentar el responsable de la administración y mantenimiento del sistema. Se establece que para los proyectos privados el responsable deberá ser el propietario del proyecto y para el caso de proyectos públicos, se deberá presentar un certificado de responsabilidad de la institución pública para el mantenimiento del sistema. Caso contrario se aplicará el Art. VIII.18 a literal b)

### Definiciones

**Cuenca Urbana:** Área drenante donde los cuerpos de agua, quebradas o ríos son reemplazados por infraestructuras que conforman un sistema de tuberías, pozos y cajas tragantes que también puede estar influenciada por los patrones de consumo de agua y de residuales de los habitantes de la ciudad

**Sistema de Drenaje Urbano Sostenible:** Elementos integrantes de la infraestructura urbano-hidráulico-paisajística cuya misión es captar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar al terreno el agua, de forma que ésta no sufra ningún deterioro e incluso permita la eliminación, de forma natural, de al menos parte de la carga contaminante que haya podido adquirir por procesos de escorrentía urbana previa. Todo ello tratando de reproducir, de la manera más fielmente posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación del hombre.