

GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL DE ESCURRIMIENTO



Enero 2017

CONTENIDO

Introducción	2
¿Porqué son necesarias las Medidas de control de escurrimiento?	2
Oficinas relacionadas con el trámite	3
Denominaciones utilizadas en este texto.....	3
Instructivo para presentación Estudios de Medidas de control de escurrimiento	4
Diagrama de flujo del estudio a realizar.....	5
Información a presentar.....	5
Check list.....	5
Información de base.....	7
Escenarios a analizar	8
Información a presentar sobre el Escenario FIS	9
Información a presentar sobre el Escenario Proyecto	10
Información a presentar sobre la diferencia entre Escenario FIS y Proyecto.....	10
Información a presentar sobre la incorporación de Medidas de control de escurrimiento	11
Instructivo para la realización de Estudios de Medidas de control de escurrimiento	12
Tiempo de Retorno.....	12
Tiempo de concentración.....	12
Caudal pico según Método Racional	13
Cálculo de los hidrogramas	13
Tormenta de diseño	13
Transformación Lluvia - Escurrimiento.....	14
Cálculo de modelos hidráulicos.....	16
Anexos	18
Anexo 1: Planilla de cálculo transformación lluvia - caudal	18
Anexo 2: Ejemplo de Tabla resumen de la solicitud de información de permeabilidad del padrón.....	19
Anexo 3: Algunos coeficientes de escurrimiento de referencia	21

INTRODUCCIÓN

Este texto pretende ser una Guía para la presentación y diseño de *Medidas de control de escurrimiento* que se presentan en el marco de los trámites para habilitar condiciones de viabilidad de uso de un predio, tanto sea un Estudio de impacto o cualquier otro estudio solicitado por la Intendencia referido al tema.

El Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento (SEPS) ha sido el responsable de aprobar los prediseños hidráulicos para todos esos casos. En ese proceso se han identificado varias dificultades, tanto por parte de los Técnicos actuantes como por parte del SEPS. Esta guía busca aportar para su solución, proporcionando a los técnicos un listado de la información mínima a presentar, criterios de diseño y una guía para la elaboración de los estudios, y a la administración una ayuda en la gestión del territorio en general y del escurrimiento pluvial en particular.

Se busca que este material mejore con su aplicación, con aportes de los Técnicos actuantes y/o municipales que intervienen en el proceso. Rogamos nos comuniquen las consultas, sugerencias y aportes por mail al seps@imm.gub.uy o telefónicamente al 1950 int. 2183. Sugerimos que antes de comenzar los estudios los técnicos actuantes se comuniquen con el SEPS a fin de obtener la última versión de esta Guía y de las planillas a las que hace referencia.

Este documento se compone de dos partes, un *Instructivo para presentación de Estudios de Medidas de control de escurrimiento* y un *Instructivo para la realización de Estudios de Medidas de control de escurrimiento*.

El *Instructivo para presentación de Estudios de Medidas de control de escurrimiento* explicita los requerimientos mínimos que deben tener los estudios a presentar para su evaluación y aprobación por parte del Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento (SEPS).

El *Instructivo para la realización de Estudios de Medidas de control de escurrimiento* describe una metodología para la realización del estudio, el Técnico actuante puede utilizar otros métodos, que siendo debidamente justificados serán también aceptados por la Administración.

¿PORQUÉ SON NECESARIAS LAS MEDIDAS DE CONTROL DE ESCURRIMIENTO?

En los últimos años muchas zonas de Montevideo se han desarrollado aceleradamente, instalándose emprendimientos que implican un aumento de la impermeabilidad en los predios que ocupan. Cuando en una misma cuenca se instalan diversos emprendimientos aumenta el caudal de escurrimiento pluvial y por lo tanto el caudal que transporta la infraestructura de drenaje existente, incrementándose eventualmente las inundaciones aguas abajo.

Dado lo anterior la Intendencia de Montevideo solicita al emprendatario que controle la impermeabilización de su predio a través del Factor de Impermeabilidad de Suelos (FIS). La Intendencia de Montevideo puede admitir un porcentaje de impermeabilización de suelos mayor al FIS siempre y cuando se realicen medidas de control del caudal de escurrimiento de forma que el caudal pico de las aguas pluviales del predio no superen en ningún caso el que aportaría el predio si el porcentaje de impermeabilización del mismo alcanzara el FIS, Artículo D.290, Digesto Departamental. Esto es válido para todo el Departamento de Montevideo excepto la Zona Urbana donde rige un criterio de la División Saneamiento que para aquellos padrones mayores a 5000 m² de superficie se debe amortiguar el caudal pluvial generado por el emprendimiento hasta lograr que el caudal sea menor o igual que el generado por

un emprendimiento que tenga solamente 60% de área impermeable y el restante 40% en condiciones naturales.

Es de destacar que si el emprendimiento está ubicado en una zona con problemas de drenaje el Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento puede solicitar que se realicen Medidas de control de escurrimiento para reducir el pico de caudal, aún en el caso de que este criterio sea más restrictivo que el establecido en el Decreto N° 32926, Artículo 290, Digesto Departamental.

Se podrá presentar cualquier Medida de control de escurrimiento que el técnico considere adecuada para el predio y que se enmarque en el paradigma de Drenaje Sustentable; que tienda a la gestión sustentable de las aguas urbanas, minimice el impacto ambiental del escurrimiento pluvial y tienda a disminuir la transferencia de impactos aguas abajo preservando al máximo el estado natural del escurrimiento y el ciclo hidrológico natural. La siguiente Figura muestra un ejemplo y esquemas de las herramientas Low impact development del programa SWMM.



FIGURA 1 EJEMPLO DE MEDIDA DE CONTROL DE ESCURRIMIENTO, ESQUEMAS DE LAS HERRAMIENTAS LID DE SWMM

OFICINAS RELACIONADAS CON EL TRÁMITE

Los procedimientos administrativos referentes a la viabilidad de implantación o de uso de un predio se concentran en las oficinas del Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Allí el emprendatario realiza todos los trámites necesarios bajo un mismo número de expediente de Viabilidad de implantación o Estudio de impacto. La información y el estudio referente a las medidas de control de escurrimiento es remitida presentada al Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento (SEPS) para su evaluación y aprobación en un expediente (independiente del POT) generado en el mismo SEPS. Para generar dicho expediente alcanza con entregar a seps@imm.gub.uy de manera digital todo lo que se solicita en la presente guía. Una vez analizada la información recibida, el SEPS comunica la aprobación de la medida de control de escurrimiento al POT para continuar las actuaciones.

DENOMINACIONES UTILIZADAS EN ESTE TEXTO

FIS: Factor de Impermeabilización del Suelo establecido en las Directrices Departamentales de Desarrollo Sostenible (DDDS), basadas en el Decreto N° 32926.

Modelo-FIS, QFIS: Modelo SWMM en que el coeficiente de escurrimiento corresponde al Factor de Impermeabilización del Suelo y las conducciones a las líneas de escurrimiento dadas por la topografía natural, el caudal pico de escurrimiento para las diferentes cuencas del predio es QFIS

Modelo-Proyecto¹, QPROY: Modelo SWMM en que el coeficiente de escurrimiento y conducciones corresponden a las proyectadas (sin medidas de control de caudal) para las diferentes cuencas del predio, el caudal pico para cada cuenca es QPROY

Medida de control de escurrimiento (MCE): Infraestructura que debe diseñar el técnico actuante para disminuir los caudales pico de escurrimiento del predio.

Modelo-MCE, QMCE: Este modelo incorpora al modelo QPROY las medidas de control de escurrimiento, el caudal pico para cada punto de salida de caudal del predio es QMCE.

INSTRUCTIVO PARA PRESENTACIÓN ESTUDIOS DE MEDIDAS DE CONTROL DE ESCURRIMIENTO

Se detallan a continuación requisitos que deben cumplir los Estudios de Medidas de control del escurrimiento que se presenten para ser aprobados por parte del SEPS. Cabe destacar que, además de cumplir con estos requerimientos, los Estudios deben de presentar toda la información necesaria para permitir evaluar el funcionamiento de las medidas propuestas; los Estudios no deben referirse a información disponible sin incluirla en el informe.

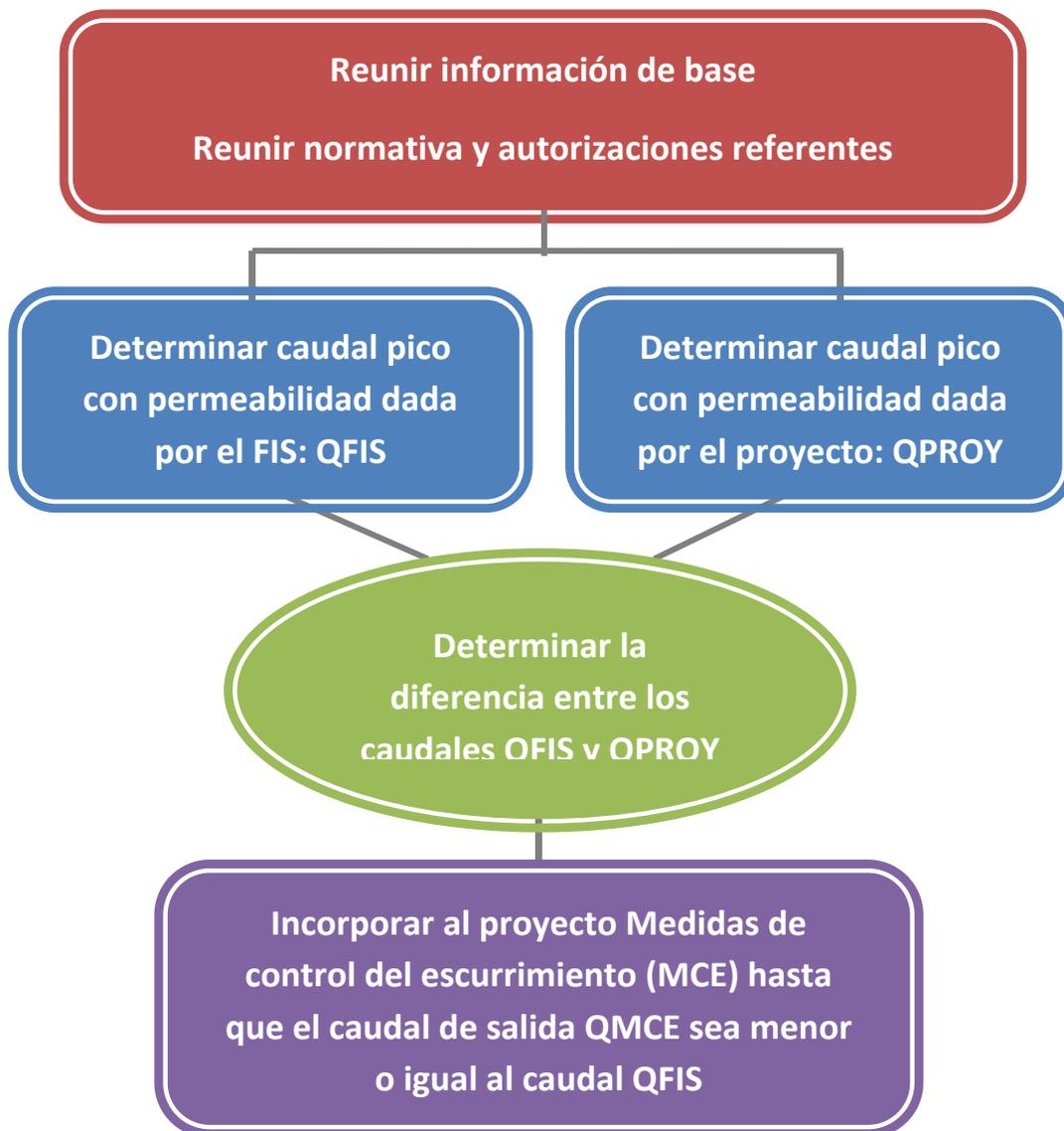
El técnico actuante deberá ser Ingeniero sanitario, hidráulico ambiental o presentar idoneidad técnica. Antes de presentar los Estudios de Medidas de control de escurrimiento el técnico actuante debe de haber participado de una Charla de coordinación en el Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento en que se presente esta Guía. No se aceptarán Estudios de Medidas de control de escurrimiento si el técnico actuante no ha participado previamente de una reunión informativa. En caso de que el técnico actuante sea funcionario de la Intendencia de Montevideo debe presentar una carta dirigida al Director del SEPS Ing. Pablo Guido solicitando autorización para actuar.

En particular es de destacar que las planillas de referencia y esta Guía serán actualizadas, es recomendable que el técnico se comunique con el SEPS para recibir la última versión disponible, mail seps@imm.gub.uy o telefónicamente al 1950 int. 2183.

¹ La infraestructura proyectada refiere a la infraestructura que está solicitando la Viabilidad de Implantación, eventualmente podrá ser infraestructura ya construida o en proceso de construcción.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL ESTUDIO A REALIZAR

A modo de guía para el Técnico actuante se presentan las diferentes etapas del estudio a realizar.



INFORMACIÓN A PRESENTAR

CHECK LIST

Se presenta un Check list con la información mínima que deben incluir los informes a presentar al SEPS. Se indica, en color en relación al diagrama presentado anteriormente, la etapa para la que se considera imprescindible disponer de esta información.

Los técnicos actuantes deben presentar este check list firmado e indicando la información que incluyen o no en el informe.

CHECK LIST

Información de base, normativa y autorizaciones referentes		
Padrones involucrados en el proyecto	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
FIS según reglamentación	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Información del técnico responsable: nombre, teléfono, título y orientación, mail	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Información del predio para determinar el QFIS		
Plano con cuencas aporte al predio: se identificarán las cuencas con punto de cierre en cada punto de salida de escurrimiento del predio. Se indicará el Área total, Área permeable y Área impermeable de cada cuenca y el coeficiente de escurrimiento correspondiente al FIS. Se entregará un archivo GIS con las cuencas georreferenciadas (shape, dwg, kmz, kml).	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Plano con sentidos de flujo de escurrimiento y líneas de agua dadas por la topografía natural del predio.	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Foto panorámica del predio y fotos de la infraestructura de drenaje aguas abajo del punto de descarga de pluviales del predio. Incluir infraestructura relevante (por ejemplo alcantarillas)	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Modelo de cálculo en el programa SWMM. Se presentarán los archivos digitales necesarios para que el SEPS pueda correr el modelo.	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Información del proyecto para determinar el QPROY		
Plano con cuencas. Se debe identificar claramente las cuencas internas del predio y las cuencas aporte a cada punto de salida de escurrimiento del predio. Se indicará el Área total, Área permeable y Área impermeable de cada cuenca y el coeficiente de escurrimiento. Se entregará un archivo GIS con las cuencas georreferenciadas (shp, dwg, kmz, kml).	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Plano de infraestructura proyectada. Se debe presentar un plano con el sentido de flujo de escurrimiento dentro del predio e infraestructura de drenaje proyectada. Se explicitarán dimensiones, cotas (indicar el cero de referencia utilizado) y materiales. Se especificará la escala del plano.	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Modelo de cálculo en el programa SWMM. Se presentarán los archivos digitales necesarios para que el SEPS pueda correr el modelo. Este modelo deberá incorporar la medida de control de escurrimiento que se defina	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Comparación entre QFIS y QPROY		
Se presentará una tabla en que figure el caudal pico de los hidrogramas de salida de cada punto del predio en la situación con una cobertura en el predio correspondiente a la normativa FIS (QFIS) y con una cobertura correspondiente al proyecto realizado (QPROY), sin incluir las MCE.	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Información de las medidas de control de escurrimiento propuestas		
Caudal de entrada y salida de las Medidas de control de escurrimiento (QMCE)	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Plano de las MCE a nivel de anteproyecto Se explicitará la información suficiente para, a menos de detalles, poder construir la infraestructura: dimensiones, cotas (indicar el cero de referencia utilizado) y materiales del MCE, descarga y vertedero de excedencias. Se especificará la escala del plano.	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Detalle de la infraestructura de drenaje relevante (pública o privada) a la que descarga la MCE, indicar sección, cota de zampeado y nivel de agua para TR 10años	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Presupuesto estimativo	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

Observaciones

Firma técnico actuante _____

En la generalidad no se aceptarán Estudios de Medidas de control de escurrimiento en que falte alguno de los ítems planteados. Existen algunos casos que por su simplicidad o tamaño no se pueden aplicar algunos de los ítems pedidos (por ejemplo un predio de 500m² sin curso de agua, con escurrimiento superficial, en que realizar un modelo SWMM de la situación FIS no es necesario). Se agrega al Check list un cuadro de observaciones para explicar estos casos.

INFORMACIÓN DE BASE

A continuación se describe la información de base a presentar en el Estudio.

INFORMACIÓN DEL PREDIO Y TÉCNICO RESPONSABLE

En el informe se deberá indicar:

- Dirección (Calle y N° de Puerta). Número de los padrones involucrados en el proyecto.
- Imagen aérea con todos los padrones involucrados en el proyecto, se indicarán las calles cercanas. Mapa que permita ubicar el predio, escala sugerida 1:10.000
- Tabla con el área de cada padrón según la Dirección Nacional de Catastro y área total del emprendimiento.
- Nombre, teléfono, mail, especialidad y fecha de obtención del título del técnico actuante que firma el estudio de Medidas de Control de Escurrimiento. El firmante debe ser especialista en las disciplinas de hidrología e hidráulica de manera que pueda entender cabalmente los criterios de diseño y el funcionamiento de sistemas de drenaje urbano. El técnico debe adjuntar al expediente o presentar al SEPS copia del título de Ingeniero Civil y copia de escolaridad o constancia de orientación Hidráulico ambiental, Hidráulico sanitaria o Sanitaria. En caso de no ser Ing. Civil orientación Hidráulico ambiental, Hidráulico sanitaria o Sanitaria el técnico debe presentar un breve párrafo en que justifique la idoneidad técnica, capacitación en el tema, indique al menos dos antecedentes de proyectos de drenaje urbano y el nombre de una referencia técnica que avale lo anterior.
- Nombre del propietario del predio
- Breve descripción del propósito del emprendimiento y del uso de suelo actual
- Declaración expresa de que se entiende cabalmente que deberá controlarse el caudal en exceso que se generará como consecuencia de realizar construcciones impermeabilizando por encima del FIS establecido en las DDDS.

INFORMACIÓN SOBRE REGLAMENTACIÓN Y AUTORIZACIONES REFERENTES

En el informe se deberá indicar claramente el FIS que corresponde de acuerdo con el Decreto N° 32926 y las DDDS (porcentaje y área máxima permitida) y modificativos.

TABLA RESUMEN

Se realizará la siguiente tabla resumen de la permeabilidad para el predio, establecido por la normativa FIS y propuesta en el Proyecto.

TABLA 1 RESUMEN DE LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE PERMEABILIDAD

Parámetro	Según normativa Decreto Nº 32923 (FIS)					Propuesta en el Proyecto	
	%	Área del % (m ²)	Máx. Área (m ²)	Área impermeable (m ²)	% impermeable	% propuesta	Área propuesta (m ²)
Impermeabilización del Padrón	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

Según normativa (FIS):

1. % : porcentaje de impermeabilización establecido por la normativa según el área del predio.
2. Área (m²): área impermeable que determina el anterior porcentaje, (1)*Área del predio
3. Máx. Área (m²): máxima área posible a ser impermeabilizada según la normativa
4. Área impermeable (m²): Área posible de ser impermeabilizada según el tamaño de ese predio, mínimo de las dos anteriores áreas, Min((2);(3))
5. % impermeable: Porcentaje que implica la anterior área (m²), (4)*100/Área del predio

Propuesta en el Proyecto:

6. % autorizado: Porcentaje impermeable. Debe ser mayor que el establecido por la normativa vigente (si es menor este estudio no es necesario)
7. Área (m²): Área que corresponde al anterior porcentaje

En el Anexo 2: Ejemplo de Tabla resumen de la solicitud de información de permeabilidad del padrón ,se muestra un ejemplo de realización de esta Tabla

ESCENARIOS A ANALIZAR

El estudio a presentar se basa en comparar el proyecto con una situación ideal en la que se supone el predio impermeabilizado hasta el límite indicado en la normativa (FIS). Deberá controlarse el caudal en exceso generado como consecuencia de impermeabilizar por encima del FIS establecido.

Se realizarán los siguientes escenarios de trabajo:

- Escenario FIS, es el predio con una impermeabilización del suelo igual al Factor de Impermeabilización del Suelo (FIS) según la norma y los cursos de agua o líneas de agua en situación actual. La modelación de este escenario se denomina Modelo-FIS y el caudal pico resultante QFIS.
- Escenario Proyecto sin MCE, es el predio con las obras que modifican el uso del suelo y líneas de agua pero sin las obras de control del caudal de escurrimiento, es un escenario irregular que no está de acuerdo a la norma, dado que el predio presenta una impermeabilización mayor que la correspondiente al FIS. La modelación de este escenario se denomina Modelo-Proyecto y el caudal pico resultante QPROY.

- Escenario Proyecto con MCE, es el predio con las obras que modifican el uso del suelo, según lo establecido en el Proyecto, donde se incluyen las obras control del caudal de escurrimiento. Al construirse las obras de control de caudal es un escenario regular. La modelación de este escenario se denomina Modelo-MCE y el caudal pico resultante QMCE.

La diferencia de caudales efluentes al predio en el Escenario FIS (QFIS) y Proyecto sin MCE (QPROY) debe ser controlada por las obras cuyos lineamientos de diseño se presentan a continuación. Estas obras deben lograr que el caudal efluente en el Escenario Proyecto con Medida de Control de Escurrimiento (QMCE) **NO SUPERE** el efluente del Escenario FIS. Además debe asegurarse que la eventual concentración de caudales de salida del predio no provoque impactos aguas abajo.

Se presentarán entonces tres modelos hidrológicos e hidráulicos: un modelo correspondiente a la situación explicitada en la normativa (Modelo-FIS), un modelo con la situación de proyecto (Modelo-Proy) y un modelo con la situación de proyecto que contenga las MCE (Modelo MCE). Los modelos se realizarán con el software libre Storm Water Management Model (SWMM) de la United States Environmental Protection Agency, disponible gratuitamente en la página de la EPA. La siguiente tabla esquematiza como se modela la cobertura del predio y los cursos de agua en cada caso.

	Modelo -FIS	Modelo - Proy	Modelo - MCE
Cobertura predio	FIS	Proyecto	Proyecto
Cursos de agua / infraestructura de drenaje	Actual	Proyecto sin MCE	Proyecto con MCE

Se observa que no son de referencia en este caso el escenario actual y el escenario natural.

Se destaca que cuando en este documento se refiere al proyecto o situación proyecto, se refiere a las obras por las cuales se solicita la viabilidad de implantación. Pueden ser obras en etapa de proyecto, construcción o ya construidas.

Además de los modelos a presentar se realizará una breve descripción del drenaje en la cuenca a la que pertenece el proyecto y una descripción más detallada de la infraestructura de drenaje inmediatamente aguas abajo de los puntos de descarga de pluviales desde el predio.

INFORMACIÓN A PRESENTAR SOBRE EL ESCENARIO FIS

Se deberá presentar un plano con las cuencas y líneas principales del escurrimiento definidas por la topografía natural y los puntos de salida del terreno de esas líneas principales. Las cuencas y líneas principales a presentar son aquellas que comprenden o son internas al predio ò que son condición de borde de las Medidas de control de escurrimiento propuestas. El informe establecerá claramente el coeficiente de escurrimiento de cada cuenca para la situación FIS, las características de las líneas principales de escurrimiento o conducciones (sección, pendiente, rugosidad, pérdidas de carga localizadas) y los caudales resultantes en cada punto de salida. Si las salidas no son puntuales sino difusas se explicará.

Se presentará un modelo realizado con el software libre y abierto SWMM del escurrimiento en el predio del emprendimiento con el que se determinarán los caudales de salida en la situación de impermeabilización establecido por el FIS, Modelo-FIS. Para este modelo se utilizará la lluvia anidada de 6 horas de duración y 10 años de período de retorno proporcionada por el Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento, que se anexa. El modelo de transformación de lluvia a escurrimiento será el hidrograma sintético triangular definido por el PDSM, que se anexa. Se podrán solicitar al SEPS las planillas de cálculo de la lluvia y de la transformación lluvia-escurrimiento.

Se entregará el archivo del modelo SWMM correspondiente. Se deben indicar en el texto las unidades utilizadas en el modelo.

Se presentará una tabla indicando para cada punto de salida de caudal del predio: Identificador, Área de la cuenca aporte, identificador de la cuenca aporte, CFIS, Qpico de salida, Forma de salida (puntual/difusa). El punto de salida y su identificador, las cuencas aporte y su identificador se presentarán en el plano nombrado anteriormente (plano con las cuencas y líneas principales del escurrimiento definidas por la topografía natural o situación actual).

INFORMACIÓN A PRESENTAR SOBRE EL ESCENARIO PROYECTO

Se presentará una breve descripción de la ocupación y actividades futuras y un esquema a nivel predial de las instalaciones proyectadas.

Se presentará un plano en el que se visualizará e identificará claramente qué áreas se impermeabilizan, con qué material se recubren, los coeficientes de escurrimiento asociados. Se incluirá una tabla en que se indicará la permeabilidad de las diferentes áreas y se sumarán las áreas impermeabilizadas. Se contabiliza como superficies impermeables todas las superficies techadas y/o pavimentadas con materiales de baja permeabilidad tales como hormigón o carpeta asfáltica, incluido el balasto compactado y/o en la que se coloquen elementos que restrinjan en forma muy significativa la infiltración de agua en el terreno bajo los mismos, tales como rolos o contenedores, (Artículo D89 Decreto Nº 32926).

Se deberá presentar un plano con las cuencas aporte a cada uno de los puntos de salida de escurrimiento del predio definidas por el proyecto y las líneas principales del escurrimiento ó conducciones y los puntos de salida del terreno de esas conducciones. El informe establecerá claramente el coeficiente de escurrimiento de cada cuenca y las características de las conducciones (forma, pendiente, rugosidad, pérdidas de carga localizadas).

Se presentará un modelo del escurrimiento (Modelo-Proyecto) con el que se determinarán los caudales de salida del predio en la situación de proyecto, QPROY. Para ese modelo se utilizará la lluvia anidada de 6 horas de duración y 10 años de período de retorno proporcionada por el Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento. El modelo de transformación de lluvia a escurrimiento será el hidrograma sintético triangular definido por el PDSUM, se anexa una metodología de cálculo. Se podrán solicitar al SEPS las planillas de cálculo de la lluvia y de la transformación lluvia-escurrimiento.

Se entregará el archivo del modelo SWMM correspondiente. Se deben indicar en el texto las unidades utilizadas del modelo.

Se presentará una tabla indicando para cada punto de salida de caudal del predio: Identificador, Área de la cuenca aporte, identificador de la cuenca aporte, C, Qpico de salida, Forma de salida (puntual/difusa). El punto de salida y su identificador, las cuencas aporte y su identificador se presentarán en el plano nombrado anteriormente (plano con las cuencas aporte a cada uno de los puntos de salida de escurrimiento del predio definidas por el proyecto).

INFORMACIÓN A PRESENTAR SOBRE LA DIFERENCIA ENTRE ESCENARIO FIS Y PROYECTO

Se presentará una planilla en que figurarán para cada punto de salida del predio (en situación proyecto y definido por la topografía natural) el área aporte, C-FIS, C-Proyecto, los caudales pico en situación FIS (QFIS) y Proyecto (QPROY). Dependiendo de cada proyecto se mantendrán o no los puntos de salida para las diferentes situaciones.

Se analizará la sumatoria de los caudales de salida del predio en el Escenario Proyecto y Escenario FIS. Si la sumatoria de caudales en Escenario Proyecto es mayor que la correspondiente en Escenario FIS se diseñarán Medidas de control de escurrimiento.

En la siguiente figura se muestra un predio con un parte aguas que delimita dos cuencas aportes a los puntos de salida 1 y 2. Correspondería diseñar medidas de control de escurrimiento si $Q1_{FIS} + Q2_{FIS} < Q1_{PROY} + Q2_{PROY}$, independientemente si individualmente para el punto 1 (o eventualmente el 2) $Q1_{FIS} < Q1_{PROY}$ ó $Q1_{FIS} > Q1_{PROY}$.

FIGURA 2 ESCURRIMIENTO DEL PREDIO



En cada caso de debe verificar el impacto del caudal aguas abajo.

INFORMACIÓN A PRESENTAR SOBRE LA INCORPORACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL DE ESCURRIMIENTO

Tal como establece la normativa, el caudal total de salida del predio no podrá superar al calculado con el modelo de situación impermeabilización FIS, $QMCE \leq QFIS$. Para disminuir el caudal de salida se realizarán medidas de control del escurrimiento.

Se deberá presentar un plano de la infraestructura pluvial dentro del predio que asegure que los pluviales ingresen hacia las medidas de control de escurrimiento. Se presentará un plano dónde se indicarán los puntos de salida de caudal del predio y se explicitará el valor de caudal. Se deberá presentar cotas y dimensiones de las infraestructuras ó cursos de agua que reciben el caudal de salida del predio en un tramo de longitud suficiente a definir por la IdeM. Se presentará un plano con cotas, dimensiones y materiales de la descarga de la medida de control de escurrimiento diseñada en la infraestructura pluvial o en el curso de agua.

Se presentará un plano con las cuencas con punto de cierre en las infraestructuras públicas ó curso de agua de descarga de la MCE, se indicará la cota de pelo de agua y el caudal para período de retorno 10 años.

Se deberá presentar suficientes planos y detalles para definir las estructuras y características de las medidas de control del escurrimiento: forma, dimensiones, cotas y materiales de las obras, terraplenes, muros, MCE, vertederos y conducciones implicadas. Los planos tendrán un detalle a nivel de anteproyecto. Las secciones de control utilizadas deben tener un funcionamiento robusto, a prueba de obstrucciones, errores de operación o fallas por mal mantenimiento, quedando la aprobación a criterio de la Intendencia. Así mismo se deberá tomar las precauciones para que las MCE no erosionen el cuerpo receptor o afecten los usos aguas abajo.

Se entregará el archivo del modelo SWMM correspondiente. Se deben indicar en el texto las unidades utilizadas del modelo.

Si la condición aguas abajo de la laminación influye se deberá estimar el funcionamiento de la laminación para una condición TR10 años aguas abajo, con una cuenca aporte correspondiente al escenario FIS. Este es un criterio general, cada técnico podrá presentar otros asociados a la probabilidad de lluvias críticas simultáneas para la cuenca aporte a la laminación y cuenca aporte al punto de descarga de la misma. Se recomienda también realizar estos cálculos para la cuenca aporte condición de borde de la laminación correspondiente a un escenario de C en situación actual.

Se analizará cada punto de salida de caudal en el predio. Si el caudal en un punto en situación proyecto con MCE es mayor que el calculado en situación FIS² ($Q1_{MCE} > Q1_{FIS}$ y/o $Q2_{MCE} > Q2_{FIS}$, en Figura 1) o pasa de tener una salida difusa a una salida concentrada, se deberá chequear que no se modifiquen los usos aguas abajo, en particular calcular la capacidad hidráulica de la infraestructura pluvial pública existente aguas abajo de conducir ese flujo.

Se debe demostrar a satisfacción de la Intendencia que el impacto del aumento de flujo no es significativo para la infraestructura y los usos existente aguas abajo. La Intendencia determinará la longitud del tramo a analizar aguas abajo.

Se deberá presentar un rubrado y presupuesto preliminar de la solución planteada.

Para la aprobación de la solución planteada se entregará la información requerida en un Informe y Planos impresos por duplicado. Se entregarán además en soporte digital.

INSTRUCTIVO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE MEDIDAS DE CONTROL DE ESCURRIMIENTO

Se presenta una metodología para realizar los Estudios de Medidas de control de escurrimiento, se recomienda que el técnico actuante siga esta metodología. En caso que se utilice otros métodos se deberá presentar o referenciar la justificación teórica y conceptual de los mismos. La responsabilidad por el diseño corre exclusivamente por cuenta del técnico quien debe justificar debidamente, en la memoria de cálculo hidráulica, los diseños presentados.

TIEMPO DE RETORNO

El Tiempo de Retorno a utilizar en el estudio debe ser de 10 años. El SEPS podrá pedir que para casos particulares se verifiquen y/o diseñen, otros escenarios más críticos.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración se calculará como el tiempo de entrada más el tiempo de tránsito por cuneta o colector. Para ningún predio será menor a 7 minutos.

Para calcular el tiempo de entrada se utilizará la fórmula de Desbordes, donde $t_e = 6.625 \times A^{0.3} \times P^{-0.38} \times C^{-0.45}$ siendo A el área en ha, P la pendiente en % y C el coeficiente de escurrimiento (valores de 0 a 1) y t_c en minutos. El tiempo de tránsito se calculará como $t_t = \frac{l_{cauce}}{v_{prom}}$, a partir de la longitud del cauce principal y una velocidad promedio en la conducción. El tiempo de concentración será $t_c = t_t + t_e$.

² En algunos puntos el caudal en Situación Proyecto puede ser mayor que el caudal en situación FIS, la sumatoria de caudales de salida del predio en Situación Proyecto NO puede ser mayor que el caudal en situación FIS

CAUDAL PICO SEGÚN MÉTODO RACIONAL

Presentar a modo de referencia una tabla con el cálculo de los caudales según el Método Racional para todos los Escenarios nombrados. Se utilizará la lluvia dada por Montana, $i = a \times T_c^b$ siendo T_c el tiempo de concentración en minutos, a y b parámetros dependientes del período de retorno e i la intensidad en mm/min. Para los intervalos de tiempo menores a 7 minutos se utilizará $i = a \times 7 \times T_c(b/2)$.

TABLA 2 PARÁMETROS DE MONTANA PARA TR10 AÑOS

Tiempo de concentración	a	b
<60 min	7.84	-0.52
>60 min	15.69	-0.68

CÁLCULO DE LOS HIDROGRAMAS

Para el cálculo de las Medidas de control de escurrimiento el parámetro de diseño no es el caudal pico calculado por el Método Racional sino el hidrograma de entrada dado por el Escenario Proyecto sin MCEy el caudal de salida autorizado, dado por el Escenario FIS.

Para el cálculo del hidrograma se propone utilizar el Método determinado por el Plan Director de Saneamiento de Montevideo. De cualquier manera cada técnico puede usar el método que entienda aplicable al diseño, la responsabilidad por los resultados corre exclusivamente por cuenta del técnico, quien debe justificar debidamente, en la memoria de cálculo hidráulica, los diseños presentados.

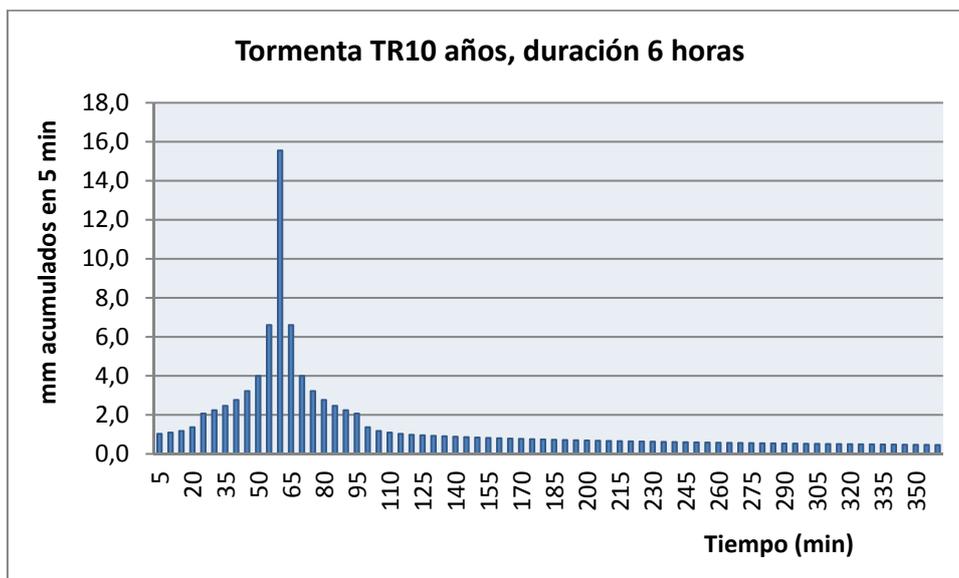
TORMENTA DE DISEÑO

Se utiliza una tormenta de tipo bloque alterno de paso 5 minutos, pico a la hora y duración total seis horas.

Esta lluvia se elabora de igual forma que el método del bloque alterno presente en “Hidrología Aplicada” de Ven Te Chow, con la diferencia que se calcula la intensidad a través de la fórmula de Montana y se simetrizan los bloques.

La siguiente tabla muestra la lluvia a lo largo de las 6 horas de duración para TR10 años. La Precipitación en el Tiempo 5 min corresponde a los mm acumulados que caen en el intervalo de 0 a 5min.

Tiempo (min)	Precipitación (mm)	Tiempo (min)	Precipitación (mm)	Tiempo (min)	Precipitación (mm)
5	1.0	125	1.0	245	0.6
10	1.1	130	0.9	250	0.6
15	1.2	135	0.9	255	0.6
20	1.4	140	0.9	260	0.6
25	2.1	145	0.9	265	0.6
30	2.2	150	0.8	270	0.6
35	2.5	155	0.8	275	0.6
40	2.8	160	0.8	280	0.5
45	3.2	165	0.8	285	0.5
50	4.0	170	0.8	290	0.5
55	6.6	175	0.8	295	0.5
60	15.6	180	0.7	300	0.5
65	6.6	185	0.7	305	0.5
70	4.0	190	0.7	310	0.5
75	3.2	195	0.7	315	0.5
80	2.8	200	0.7	320	0.5
85	2.5	205	0.7	325	0.5
90	2.2	210	0.7	330	0.5
95	2.1	215	0.7	335	0.5
100	1.4	220	0.6	340	0.5
105	1.2	225	0.6	345	0.5
110	1.1	230	0.6	350	0.5
115	1.0	235	0.6	355	0.5
120	1.0	240	0.6	360	0.5



Si necesita la lluvia en una planilla .xls comuníquese al SEPS: seps@imm.gub.uy o 1950 int. 2183.

TRANSFORMACIÓN LLUVIA - ESCURRIMIENTO

Para determinar el hidrograma de salida de cada cuenca, se utiliza el método del Hidrograma Unitario, con un Hidrograma Sintético Triangular.

Para cada volumen de lluvia que sucede en el paso de cálculo del hidrograma (cada “barrita” de lluvia, suponiendo el paso del hidrograma y el de la lluvia iguales) se le calculan las abstracciones a través del coeficiente de escurrimiento y se transita en la cuenca realizando el hidrograma triangular. El hidrograma triangular resulta de multiplicar el hidrograma unitario por el volumen de lluvia. Para determinar la tormenta se suma el hidrograma resultado de transitar cada “barrita” de lluvia.

El hidrograma de unitario queda definido por dos parámetros adimensionados $X=0.5$ y $\gamma = 1.667$, calculados en el Plan Director de Saneamiento de Montevideo.

La forma del hidrograma unitario está dada por:

$$T_b = T_p(1 + X)$$

$$T_p = \frac{D}{2} + T_c \times \gamma$$

T_b el tiempo base

T_p el tiempo del pico

D paso de la tormenta de diseño

T_c tiempo de concentración de la cuenca

Para la determinación de los hidrogramas se deja a disposición una planilla de cálculo, que se puede solicitar al mail o tel. del SEPS. Se agrega una copia de la planilla y parámetros necesarios para su cálculo en los Anexos.

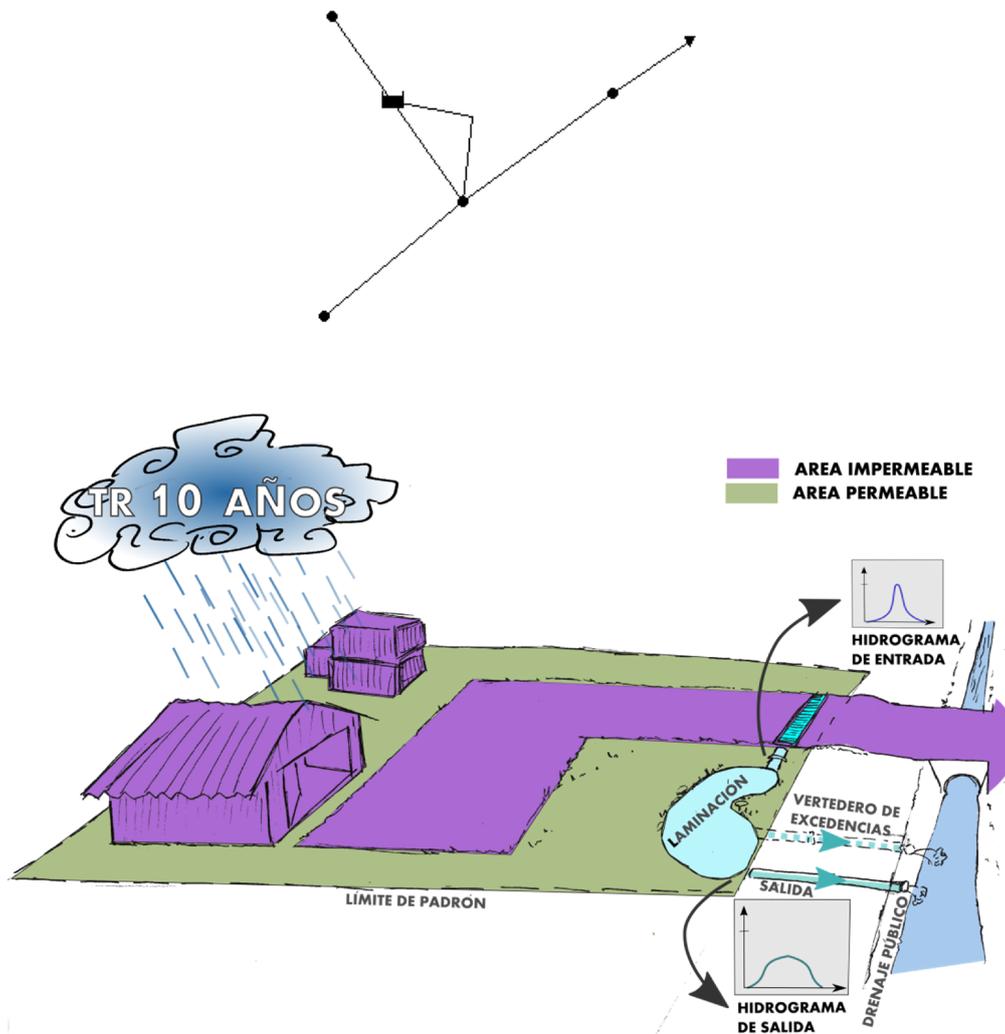
CÁLCULO DE MODELOS HIDRÁULICOS

Los modelos hidráulicos se realizarán utilizando el programa SWMM. Debe representar de la mejor manera posible los siguientes elementos:

- Tramo aguas arriba de la medida de control de caudal
- Medida de control de caudal
- Salida de la medida de control de caudal
- Vertedero de excedencias
- Infraestructura de drenaje público aguas abajo

El siguiente esquema es un ejemplo de un modelo SWMM de una laminación con las estructuras mínimas necesarias a presentar. Se presenta sólo como indicativo de los elementos mínimos que debe tener el modelo en el caso de laminaciones, tal como se observa en el dibujo.

FIGURA 3 MODELO MÍNIMO



Para el cálculo de las estructuras de control puede usarse la bibliografía de referencia que el técnico encuentre apropiada, las fuentes deben ser citadas.

En el caso de realizar laminaciones se prefiere, por su eficiencia, que sean off-line. Se debe tener especial cuidado con la estructura de entrada de estas laminaciones, para asegurar que funcionen off-line. Las estructuras de control deben ser robustas en cuanto a funcionamiento y diseño.

Se recomienda que el técnico analice las posibilidades y restricciones del predio y al estudiar una solución tenga en cuenta la batería de medidas de reducción del caudal y volumen de escurrimiento.

ANEXOS

ANEXO 1: PLANILLA DE CÁLCULO TRANSFORMACIÓN LLUVIA - CAUDAL

Se deja a disposición una planilla de cálculo lluvia – escorrentía , para solicitarla en .xls comuníquese al SEPS: mail seps@imm.gub.uy , tel. 1950 int. 2183, ó a cualquiera de sus técnicos.

Parámetros de la cuenca		L (m)	C	S (%)	A (ha)	Tc (hr)	Tiempo de concentración de referencia calculado con Desbordes		
Lluvia Montana		800	0,65	1,2	28,9	0,34			
Método racional		i (mm/min)	Q (m3/s)	Tiempo concentración		Tc referencia (min)			
hidrograma unitario		D (min)	D (hr)	TP (hr)	Tb (hr)	Qp (m3/s)	TR10	TR20	
pasos del hidrograma sintético triangular unitario (HSTU)		Paso (mm)	Paso (hr)	P (mm/h)	P (mm/h)	Paso (hr)	Q2 (m3)	Q10 (m3/s)	Q20 (m3/s)
pasos de la tormenta y tormenta para diferentes periodos de retorno		5	0,08	7,48	12,33	14,1	0,00	0,00	0
		10	0,17	7,98	13,16	15,14	0,02	0,002	0,004
		15	0,25	8,58	14,19	16,26	0,03	0,005	0,008
		20	0,33	9,8	15,24	18,87	0,05	0,007	0,012
		25	0,42	11,0	16,29	21,49	0,07	0,009	0,015
		30	0,50	12,32	17,34	24,11	0,08	0,012	0,019
		35	0,58	13,55	18,39	26,73	0,10	0,017	0,027
		40	0,67	14,78	19,44	29,35	0,12	0,021	0,035

ANEXO 2: EJEMPLO DE TABLA RESUMEN DE LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE PERMEABILIDAD DEL PADRÓN.

A continuación se muestra la tabla “Resumen de la solicitud de información I2 suelo rural” y más adelante la explicación para cada ítem

Parámetro	Según normativa Decreto Nº 32923 (FIS)					Propuesta en el Proyecto	
	%	Área del % (m ²)	Máx. Área (m ²)	Área impermeable (m ²)	% impermeable	% propuesta	Área propuesta(m ²)
Impermeabilización del Padrón	19 (1)	6758 (2)	7600 (3)	6758 (4)	19 (5)	50 (6)	17785 (7)

- Según normativa (FIS):

1. % :

Para ingresar información en la Tabla Resumen de la solicitud de información I2 Suelo rural se debe como primera medida consultar la normativa FIS para el padrón en el SIG de la Idem.

En la categoría Datos del Padrón se tiene el área del padrón y los datos de Clase de FIS, en este caso el padrón tiene un área de 35570m² y FIS 44R (se utiliza un padrón elegido aleatoriamente). Con esta información se puede rellenar la primer sección de la planilla, referida a normativa FIS



El área del predio es mayor a 3ha, por lo que el porcentaje de impermeabilización establecido por la normativa es de 19%. Este número sale directamente de la norma.

2. Área (m²): El área que determina el anterior porcentaje es de 0.19*35570=6758m²
3. Máx. Área (m²): Para el área del padrón la normativa da un área de impermeabilización máxima de 7600m² : Este número sale directamente de la norma.
4. Área impermeable (m²): Área posible de ser impermeabilizada según el tamaño de ese predio, mínimo de las dos anteriores áreas: mínimo de 6758 y 7600 m² (me quedo con el criterio más estricto)
5. % impermeable: Porcentaje que implica la anterior área (m²) 6758*100/35570

- Propuesta en el Proyecto:
 6. % autorizado: Porcentaje de impermeabilización propuesta en el Proyecto, para este ejemplo un 50%.
 7. Área (m²): Área que corresponde al anterior porcentaje, $0.50 \cdot 35570 = 17785 \text{m}^2$

ANEXO 3: ALGUNOS COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO DE REFERENCIA

Tipo de superficie	C
Asfalto	0.81
Techos, concreto	0.83
Zona verde, cubierta de pasto menor del 50% del área	0.37
Zona verde, cubierta de pasto del 50-75% del área	0.30
Zona verde, cubierta de pasto del mayor al 75% del área	0.25
Pastizales	0.30
Bosques	0.28

Estos valores son tomados del libro Hidrología aplicada, Ven Te Chow, Edición octubre 1993