PROYECTO DE GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

ESTRUCTURAS SUDS MÁS APROPIADAS PARA PAÍSES TROPICALES CON INTENSIDADES DE LLUVIA ALTAS

Gabriel Ernesto Centanaro Garcia

Asesor: Juan G. Saldarriaga Valderrama



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
PREGRADO EN INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
AGOSTO DE 2020

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que me acompañaron, apoyaron y me brindaron todas las herramientas y oportunidades que necesité, y más, para culminar mi proyecto de grado y mi carrera académica.

A Juan Guillermo, por su interés y dedicación en mi trabajo y por los constantes consejos que me ayudaron a formar una mente más crítica y profunda en la ingeniería.

A Andrés Aguilar, un gran ingeniero que prestó su tiempo para ayudarme con algunas etapas de este proceso.





TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción				
1.1 Objetivos		Obje	etivos	2	
	1.1.	1	Objetivo General	2	
	1.1.	2	Objetivos Específicos	2	
2	Mar	co te	órico	3	
	2.1	Ciclo	o hidrológico	3	
	2.2	Esco	orrentía	3	
	2.2.	1	Problemas ambientales	4	
	2.2.	2	Problemas en ciudades	4	
	2.3	Pred	cipitación en países tropicales	4	
	2.3.	1	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)	9	
	2.3.	2	Método de los bloques alternos	11	
	2.4	Prác	ticas de drenaje sostenible	12	
	2.5	Caso	os de estudio	15	
	2.5.	1	Proyecto AQUAVAL, Valencia, España.	15	
	2.5.	2	Technische Universitat Dresden Campus	18	
	2.5.	3	Cuenca de Hexi, en la ciudad de Nanjing, China	20	
	2.5.	4	Ciudad de Seúl, Corea del sur	23	
	2.5.	5	Jardín de infiltración en la ciudad de Xi'an, China	25	
	2.5.	6	Distrito de Jin´an, Ciudad Fuzhou, Sureste de China	28	
3	Met	odol	ogía	32	
	3.1	Caso	o de estudio: Cajicá	32	
	3.2	Fase	e 3 del P.M.A	33	
	3.3	Mod	delo EPA SWMM	34	
	3.3.	1	Trazado de la red, cuencas, nodos y tuberías	34	
	3.3.2 Hietograma		Hietograma de diseño	35	





	3.	3.3	Cuencas hidrológicas	36				
	3.	3.4	Tuberías	41				
	3.4	Anál	isis por realizar	46				
	3.	4.1	SUDS escogido: Techo verde (TV)	47				
	3.	4.2	SUDS escogido: Pavimento Permeable (PP)	49				
	3.	4.3	SUDS escogido: Zanja de infiltración (IT)	51				
4	Re	esultado	os	53				
	4.1	Cuer	nca Noroccidental	53				
	4.2	Cuer	nca Nororiental 1	54				
	4.3	Cuer	nca Nororiental 2	55				
	4.4	Cuer	nca Nororiental 3	56				
	4.5	4.5 Cuenca Sur 1						
	4.6	Cuer	nca Sur 2	58				
	4.7	Cuer	nca Sur 3	59				
	4.8	Cuer	nca Sur 4	60				
	4.9	Cuer	nca Sur 5	61				
	4.10	Cuer	nca Sur PTAR	62				
5	Ar	nálisis d	álisis de resultados64					
6	Co	onclusio	nclusiones60					
7	Re	ecomen	daciones	67				
8	Bi	bliograf	ía	68				
9	Δι	nexos	exas 71					





ÍNDICE DE FIGURAS

llustración 1 inundaciones en Bogota, Colombia. Tomado de (El Espectador, 2020)	5
Ilustración 2 Precipitación por año por país Fuente: (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014)	
llustración 3 Precipitación media mundial (The World Bank Group, 2019)	7
llustración 4 Hietograma de un aguacero de 30 minutos	8
llustración 5 Curvas IDF Fuente: (Empresa de Servicios Públicos de Cajicá S.A. E.S.P. & INGEQMA, 200	18) 10
llustración 6 Edificio BTS en Bogotá, techo verde instalado. Fuente: (Groncol, 2020)	13
llustración 7 Humedales en el centro empresarial <i>Elemento</i> , Bogotá	13
llustración 8 Parque Simón Bolívar (Instituto Distrital de Recreación y Deporte, 2017)	14
Ilustración 9 Pavimento Permeable (United States Environmental Protection Agency, 2015)	15
llustración 10 Franja de infiltración del lugar 1	16
llustración 11 Franja de infiltración del lugar 2	16
llustración 12 Techo verde del lugar 3	17
llustración 13 Resultados de las estructuras SUDS (Sara Perales-Momparler, 2013)	17
Ilustración 14 Campus de la universidad alemana <i>Technische Universitat Dresden.</i> Tomado de: (Wen 2020)	-
llustración 15 Modelo de EPA SWMM para el caso de estudio 2	19
llustración 16 Resultados caso de estudio 2	20
llustración 17 Área de estudio de Hexi, Nanjing, China. Tomado de: (Maochuan Hu, 2017)	21
Ilustración 18 Resultados caso de la cuenca de Neri	23
Ilustración 19 Lugares de estudio en Seúl, Corea del Sur (Chaeyoung Bae, Effects of low-impact deve practices for flood events at the catchment scale in a highly developed urban area, 2020)	•
Ilustración 20 Resultados caso de estudio de Seúl, Corea del Sur	25
Ilustración 21 Área de estudio	26
Ilustración 22 Jardín de infiltración del caso 5	26
Ilustración 23 Resultados caso de estudio 5 (mayo, 2013)	27
Ilustración 24 Resultados caso de estudio 5 (junio, 2013)	27
Ilustración 25 Resultados caso de estudio 5 (julio, 2013)	27





Ilustración 26 Resultados caso de estudio 5 (julio, 2014)	28
llustración 27 Área de estudio, caso Jin'an	29
Ilustración 28 Resultados caso de estudio Jin'an	31
llustración 29 Localización del municipio de Cajicá	33
llustración 30 Trazado de la red en la Fase 3 del P.M.A. Cajicá	35
llustración 31 Hietograma de análisis	36
Ilustración 32 Usos de suelo según la EPA. Tomado de: (United States Environmental Protection Agency, 2015)	
Ilustración 33 Diferentes usos de suelo	38
Ilustración 34 N de Manning para superficies	39
Ilustración 35 Número de curva (Soil Conservation Service)	40
llustración 36 Números de curva, manual EPA SWMM.	41
Ilustración 37 N de Manning para conductos cerrados. Manual EPA SWMM	42
llustración 38 Coeficiente de rugosidad n de Manning para conductos cerrados Tabla D.2.2 de la RAS	42
Ilustración 39 Cuencas Norte	44
Ilustración 40 Cuencas SUR	45
llustración 41 Centro de Cajicá	48
Ilustración 42 Zonas viables para techos verdes	48
Illustración 43 Área viable nara navimentos nermeables	50





ÍNDICE DE GRÁFICAS

Figura 1 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Noroccidental	53
Figura 2 Porcentajes de reducción cuenca noroccidental	54
Figura 3 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Nororiental 1	54
Figura 4 Porcentajes de reducción cuenca nororiental 1	55
Figura 5 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Nororiental 2	55
Figura 6 Porcentajes de reducción cuenca nororiental 2	56
Figura 7 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Nororiental 3	56
Figura 8 Porcentajes de reducción cuenca nororiental 3	57
Figura 9 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 1	57
Figura 10 Porcentajes de reducción cuenca sur 1	58
Figura 11 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 2	58
Figura 12 Porcentajes de reducción cuenca sur 2	59
Figura 13 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 3	59
Figura 14 Porcentajes de reducción cuenca sur 3	60
Figura 15 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 4	60
Figura 16 Porcentajes de reducción cuenca sur 4	61
Figura 17 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 5	61
Figura 18 Porcentajes de reducción cuenca sur 5	62
Figura 19 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur PTAR	62
Figura 20 Porcentaies de reducción cuenca sur PTAR	63





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ciudades tropicales con alta intensidad de lluvias
Tabla 2 Método de los bloques alternos aplicado a la curva IDF de PR=100 años, en Cajicá 11
Tabla 3 Escenarios de caso de estudio 3
Tabla 4 Episodios de lluvia para el caso de estudio de Jin'an
Tabla 5 Escenarios propuesto, caso de estudio Jin'an
Tabla 6 Resultados UTOPIA
Tabla 7 Resultados Cuencas SUR
Tabla 8 Propiedades de los diferentes techos verdes. Tomado de: (Bonilla, 2019)
Tabla 9 Área de techos verdes en Cajicá
Tabla 10 Valores de los parámetros del modelo de pavimento permeable
Tabla 11 Área viable para PP
Tabla 12 Diseño de las tuberías de la cuenca Noroccidental
Tabla 13 Diseños de la cuenca nororiental
Tabla 14 Diseños de la cuenca nororiental 2
Tabla 15 Diseños de la cuenca nororiental 3
Tabla 16 Diseños de la cuenca Sur1
Tabla 17 Diseños de la cuenca sur 2
Tabla 18 Diseños de la cuenca sur 3
Tabla 19 Diseños de la cuenca sur 4
Tabla 20 Diseños de la cuenca sur 5
Tahla 21 Diseños de la cuenca sur PTAR 91





1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la urbanización excesiva ha causado un aumento constante de superficies impermeables y ha alterado considerablemente las características hidrológicas de las cuencas, especialmente las urbanas. Estos cambios se traducen en altos volúmenes de escorrentía que, a su vez, trae numerosos impactos negativos. Los principales problemas de la generación de escorrentía son la degradación de las bases de los ríos, los riesgos que conlleva la inundación urbana y la contaminación del agua. En el trópico, a la creciente urbanización se le suman las fuertes lluvias que se presentan cada año. Los países tropicales son lugares que se caracterizan, entre otras cosas, por sus fuertes aguaceros. Un episodio de lluvia de gran intensidad, que ocurre en una ciudad altamente urbanizada, contribuye a la generación de grandes volúmenes de escorrentía que pueden generar afectaciones económicas considerables a la ciudad y presentan, además, riesgos importantes a las personas que viven en ella.

Es deber entonces de los encargados de la planeación de ciudades mitigar estos riesgos y prevenir estos desastres a través de una gestión adecuada de las aguas pluviales. Tradicionalmente, la escorrentía es manejada a través de sistemas de alcantarillado pluviales que se enfocan en rápidamente evacuar la escorrentía a través de la colección directa, detención, y descarga de estas aguas hacia cuerpos de agua naturales. Sin embargo, debido a el cambio climático y la fuerte urbanización, reforzar los sistemas ya existentes se ha vuelto costoso, especialmente para las ciudades altamente urbanizadas. En este contexto, los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) surgen como una respuesta más acertada a la creciente demanda de manejo de aguas pluviales.

El siguiente documento pretende analizar las diferentes alternativas SUDS que pueden implementarse en parte del municipio de Cajicá, Colombia y evaluar cuales son las mejores SUDS para este. Este análisis se llevará a cabo a través del modelo SWMM (Stormwater Management Model) usando el software EPA SWMM, desarrollado por "The United States Environment Protection Agency". La modelación se llevará a cabo sobre la fase 3 del Plan Maestro de Alcantarillado de Cajicá, que cubre las zonas rurales potencialmente urbanas de Cajicá. Se analizará un escenario de este lugar totalmente urbanizado y se propondrá un diseño de alcantarillado de aguas pluviales desarrollado en UTOPIA, software desarrollado por el Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA) de la Universidad de los Andes. El análisis consistirá en evaluar los caudales de salida y los volúmenes de escorrentía en 8 escenarios diferentes que surgirán de las diferentes combinaciones de tres estructuras SUDS: techos verdes, pavimentos permeables y zanjas de infiltración.





El documento empieza con el capítulo de marco teórico, introduciendo al lector todos los conceptos necesarios relacionados con la producción de escorrentía en ciudades y como frenarla. Se definen los conceptos de ciclo hidrológico, escorrentía, países tropicales, y se explica detalladamente que es la precipitación, su intensidad y como medirla. También se introducirán los análisis Intensidad-Duración-Frecuencia de las lluvias, y cómo representarlas a través de los hietogramas de diseño. Después se discutirán algunos ejemplos de estructuras SUDS. Luego, se mencionarán brevemente los resultados de algunos artículos que presentaron estudios similares usando EPA SWMM o otras aplicaciones con modelo SWMM, o bien, estudios que compararon el rendimiento de estructuras SUDS ya implementadas.

Una vez culminado el marco teórico, el capítulo de metodología describirá todos los procesos que involucran la generación del modelo en EPA SWMM y mostrará los diseños hechos en UTOPIA propuestos por el autor. Se describirá el área de estudio, sus condiciones climáticas, características geológicas, y las cuencas que la componen, con sus respectivos nodos de descarga.

Posteriormente, se mostrarán los resultados obtenidos para cada una de las 10 cuencas bajo los 8 escenarios posibles. Presentando así, los resultados del análisis de 80 modelos SWMM.

Por último, se analizarán los resultados y se concluirá que no existe una mejor estructura SUDS, sino más bien, una mejor combinación de diferentes estructuras que depende de las condiciones de cada zona.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Determinar las estructuras más apropiadas para los países tropicales con intensidades de lluvia altas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analizar el valor que tiene hoy en día la sostenibilidad urbana. Comprender por qué es importante considerar este aspecto en la construcción de ciudades y específicamente, en el drenaje urbano
- Evaluar a través de registros históricos y casos de estudio la implementación, el funcionamiento y los beneficios de los SUDS.
- Realizar un modelo en EPA SWMM que permita el análisis comparativo entre estructuras SUDS que permita evidenciar que estructuras SUDS son mejores para un escenario de alta Iluvia.
- Diseñar la red correspondiente a la fase 3 del plan maestro de alcantarillado de Cajicá, a través del software Utopía.





2 MARCO TEÓRICO

2.1 Ciclo hidrológico

El agua, en sus tres fases (sólida, líquida y gaseosa), conforma la mayor parte del sistema climático en la tierra a través de diferentes elementos como el aire, las nubes, el océano, los lagos, las capas de nieve y los glaciares. Aproximadamente el 75% de la tierra está cubierta por agua o hielo. Del total del agua, el 97% se encuentra en los océanos, y el restante se reparte entre glaciales, hielos polares y nieve (2%), agua subterránea (0.6%), lagos de agua dulce (0.009%), lagos salados y mares interiores (0.0075%), humedad del suelo, ríos y agua atmosférica (0.01%).

El ciclo del agua es generalmente entendido como un ciclo circular simple que involucra la evaporación, condensación y precipitación. Sin embargo, la realidad es mucho más compleja. Aunque este simple modelo puede ser muy útil, los caminos que toma el agua en los diferentes ecosistemas de la tierra son extremadamente complejos. El ciclo que define en detalle cada uno de los procesos que sufre el agua se denomina ciclo hidrológico. El ciclo hidrológico puede "empezar" con el agua contenida en el océano, glaciales, ríos y demás cuerpos de agua. Esta agua se evapora y sube a la atmósfera, en donde, debido a las bajas temperaturas, se condensa y forma las nubes. Luego, el agua de las nubes se precipita regresando así a la tierra. Sin embargo, el agua puede ser interceptada por la vegetación, la cual puede retener considerables cantidades de agua para ser evaporada otra vez, sin pasar por la superficie. Una vez en la superficie, el agua puede escurrirse a los diferentes cuerpos de agua antes mencionados, o infiltrarse al suelo. El agua infiltrada puede escurrirse, al igual que sucede en la superficie o percolarse hacia los acuíferos. El agua contenida en acuíferos regresa a los cuerpos de agua a través del flujo subterráneo. Sin embargo, es posible que esta suba otra vez al suelo a través del ascenso capilar y en el suelo puede subir una vez más a la superficie debido a un proceso llamado difusión de vapor. Estos son solo algunos de los numerosos procesos que contiene el ciclo del agua. (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2020)

Ahora bien, los procesos antes mencionados pueden ocurrir en una zona natural o en una zona urbanizada. La diferencia entre estas zonas es la cantidad de agua que efectúa uno u otro proceso. En las zonas naturales, en donde ha habido poca intervención del hombre, el agua que se infiltra puede llegar a ser el 50% del agua que se precipita en la zona. Mientras tanto, en zonas altamente urbanizadas este porcentaje puede caer hasta un 15%, lo cual resulta en un incremento de la escorrentía generada, que puede ir del 10% en zonas naturales al 55% del agua precipitada en las zonas altamente urbanizadas. (Ruby)





2.2 Escorrentía

La escorrentía es el agua precipitada que fluye en la superficie terrestre y, como su nombre lo indica, escurre hacia el primer cuerpo de agua que encuentre en su camino, o bien se infiltra en el suelo. En las ciudades el agua debe ser controlada mediante sistemas de alcantarillado de aguas pluviales. Estos sistemas son redes enormes bajo el suelo de las ciudades que transportan el agua precipitada a través de tuberías hacia los denominados "nodos de descarga". Los nodos de descarga pueden tratarse o bien de cuerpos de agua o de salidas artificiales, como plantas de tratamiento de agua.

El exceso de escorrentía en la superficie puede generar varios problemas ambientales, sin mencionar, que puede generar inundaciones con considerables afectaciones económicas.

Los nodos de descarga presentan entonces, cada vez que hay precipitación, paso de agua. Cuando cae un aguacero en la ciudad, se produce lo que se denomina *picos de caudal*. Un pico de caudal es la mayor tasa de paso de agua, que suele medirse en el nodo de descarga.

2.2.1 Problemas ambientales

Estas afectaciones ocurren principalmente por los grandes picos de caudal, que, directamente causan erosión y aumentan el transporte de sedimentos, lo cual, a su vez, produce obstrucción de canales y pérdida de la vegetación. La obstrucción de canales puede resultar en degradaciones considerables del hábitat acuático.

2.2.2 Problemas en zonas urbanas

La dinámica meteorológica como la hidrológica son afectadas por el paisaje urbano. Por un lado, las propiedades térmicas artificiales y el aumento de partículas de las áreas urbanas impactan la forma en que se genera la lluvia y aumentan la precipitación a favor del viento y puede aumentar la generación de tormentas convectivas de verano. Por otro lado, la expansión del espacio urbano da como resultado un aumento del paisaje impermeable y expansión de redes artificiales de drenaje que pueden facilitar cambios dramáticos en la magnitud, las vías y el momento de la escorrentía en un rango de escalas, desde edificios individuales hasta desarrollos más grandes. El exceso de escorrentía en las ciudades puede provocar grandes inundaciones con grandes afectaciones económicas.







Ilustración 1 Inundaciones en Bogotá, Colombia. Tomado de (El Espectador, 2020)

2.3 Precipitación en países tropicales

Los países tropicales son los que se ubican en entre los trópicos: el trópico de Cáncer, el paralelo de latitud 23 Norte, y el trópico de Capricornio, el paralelo de latitud 23 Sur. Justo en el centro de la franja se dispone el ecuador, una línea imaginaria equidistante del polo norte y polo sur. Estos lugares se caracterizan, entre otros factores, porque el sol golpea perpendicularmente al mediodía, al menos un día al año. Debido a esto, esta franja presenta temperaturas más altas que en el resto del planeta, y de ahí el clima que se conoce como tropical. Adicionalmente, a este intenso calor se le atribuye la frecuencia de precipitaciones que se presentan en la zona, ya que el aire caliente retiene más humedad que el aire frío. (Richter, 2016).





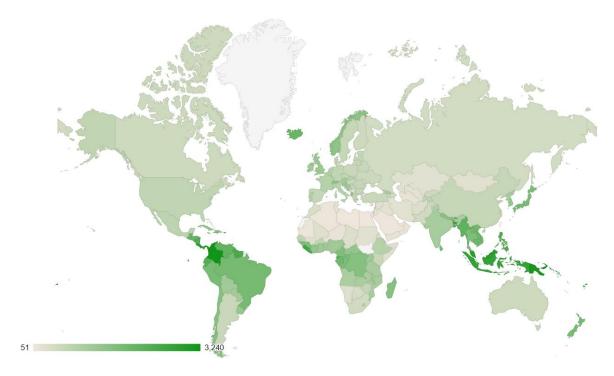


Ilustración 2 Precipitación por año por país Fuente: (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014)

La imagen muestra en un verde más oscuro los países con mayor precipitación anual. Como se puede observar en la imagen, según la FOA, la mayor precipitación anual promedio ocurre en los países ubicados en el trópico. Además, según esta misma fuente, en 2014 Colombia llegó a ser el país más lluvioso del mundo.





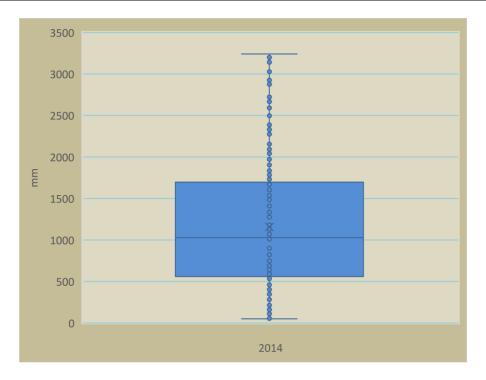


Ilustración 3 Precipitación media mundial (The World Bank Group, 2019)

Es usual medir la precipitación en milímetros de agua. Por ejemplo, puede decirse que en un evento de lluvia de 30 minutos se precipitaron 10 milímetros de agua. Esto quiere decir que, si se dejara un recipiente de cualquier medida en la intemperie desde el inicio hasta el final del evento de lluvia, se evidenciaría una columna de agua de 10 milímetros.

Generalmente, la precipitación se mide por año, para categorizar que tanto llueve en un país. La precipitación mundial promedio, según la FOA y el banco mundial es de aproximadamente 1200 milímetros por año, ubicándose Colombia en el punto más alejado de la media, con 3240 milímetros por año.

Así mismo, puede hablarse de la intensidad de lluvia. La intensidad de lluvia es la razón de incremento de la altura mencionada antes. Este incremento se mide en milímetros por hora. De manera que, el evento de lluvia mencionado antes tuvo una intensidad de 20 milímetros por hora, suponiendo que la cantidad de agua se haya precipitado de manera constante a esta intensidad. Sin embargo, en la mayoría de las veces, los episodios de lluvia no se presentan de manera constante. Al principio del episodio de lluvia se presenta una intensidad baja, que va incrementando hasta llegar a un pico para luego bajar otra vez. Así, un ejemplo del evento de lluvia mencionado antes se muestra a continuación:





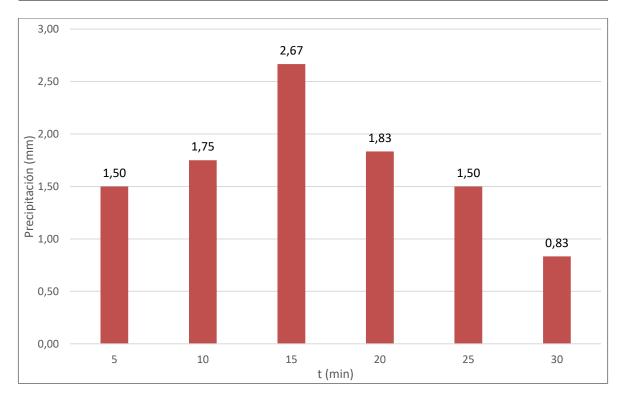


Ilustración 4 Hietograma de un aguacero de 30 minutos

Como se puede observar, el episodio de lluvia de 30 minutos se divide en intervalos de 5 minutos, y se evidencia la precipitación en cada uno de estos intervalos, las cuales, en total, alcanzan una precipitación de aproximadamente 10 milímetros. Puede verse, así, como varía la intensidad de un aguacero con el tiempo. Para este ejemplo, la intensidad en los primeros 5 minutos fue de aproximadamente 18 milímetros por hora, mientras que en los 5 minutos más intensos (generalmente el centro del aguacero), la intensidad corresponde a 32 milímetros por hora.

El gráfico anteriormente mostrado, que describe el comportamiento de un evento de lluvia, se le denomina "hietograma de lluvia".

La intensidad de precipitación se puede clasificar en suave (<2.5 mm/h), moderada (2.5-10 mm/h), fuerte (10-50 mm/h) y violenta (>50 mm/h). El último valor ocurre solamente en los trópicos debido los ciclones que se presentan ocasionalmente.

Ahora bien, estadísticamente, las tormentas (Iluvias con fuerte intensidad que pueden tener presencia de truenos) son características del clima tropical, y estas son las más propensas a generar escorrentía, por lo que en estos países se presenta una mayor amenaza de los problemas que esta conlleva, ya mencionados anteriormente.





Tabla 1 Ciudades tropicales con alta intensidad de lluvias

Tropical					
Ciudad o País	Intensidad (mm/h)				
Kuala Lumpur (Malasia)	240				
Singapur	193.86				
Bangkok (Tailandia)	175				
Kuching (Malasia)	167				
Bogotá (Colombia)	115.71				

Las ciudades tropicales presentan intensidades de lluvias mucho más altas que las ciudades no tropicales (Richter, 2016)

Hoy en día, la medición de los milímetros de lluvia se lleva a cabo por medio de pluviómetros ubicadas en las denominadas estaciones meteorológicas. En Colombia, El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) es la entidad oficial gubernamental encargada del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente.

2.3.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Las curvas IDF de un lugar muestran las intensidades máximas a las que se llega en diferentes periodos de retorno, y en una duración predeterminada. Estas curvas son ampliamente utilizadas para describir la pluviosidad de una zona, ya que involucran un análisis estadístico de los episodios de lluvia que se han presentado en los últimos años en una zona. Un periodo de retorno es la frecuencia en la que se pueden presentar tales eventos. Por ejemplo, un periodo de retorno de 2 años indicaría que el evento se presenta cada dos años. Las curvas IDF se visualizan como sigue a continuación:





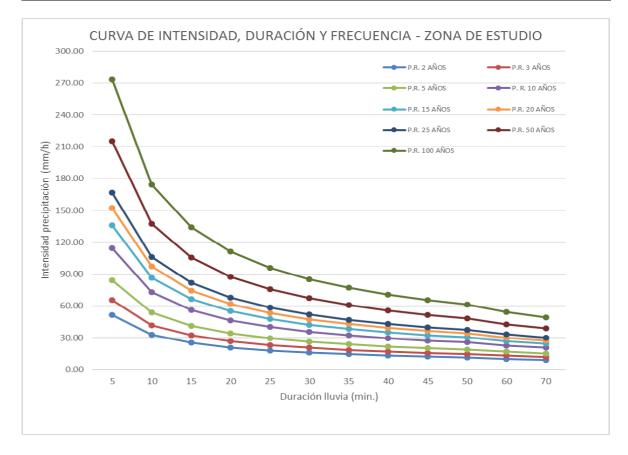


Ilustración 5 Curvas IDF Fuente: (Empresa de Servicios Públicos de Cajicá S.A. E.S.P. & INGEQMA, 2018)

Como podemos observar, se tienen diferentes curvas, una para cada periodo de retorno. La curva con mayor periodo de retorno (100 años) es la de mayor intensidad. Así, lo que muestran estas curvas son las intensidades máximas a las que se puede llegar jugando con las variables de duración y de periodo de retorno, por lo cual, una misma curva IDF representa eventos diferentes. Por ejemplo, según la imagen mostrada, para un periodo de retorno de 100 años, se puede encontrar un aguacero que dure solo 5 minutos y tenga una intensidad promedio de casi 300 milímetros por hora. Así mismo, en la misma curva se puede observar que el episodio más lluvioso que ocurre una vez en 100 años, con una duración de 10 minutos, tiene una intensidad de un poco más de 180 milímetros por hora. Las anteriores curvas presentadas están basadas en eventos reales, que son las correspondientes a la ciudad de Cajicá, según el estudio hidrológico liderado por la empresa INGEQMA, en un trabajo de consultoría del plan maestro de alcantarillado, fase 2.

La ventaja de las curvas IDF es que no se limitan a presentar un episodio de lluvia aislado, sino que recogen información estadística de varios años y combinan las peores tormentas que pueden generarse. Por esta razón, estas curvas se usan en el diseño del alcantarillado de las ciudades.





2.3.2 Método de los bloques alternos

Ahora bien, aunque las curvas IDF son las necesarias para el diseño de los alcantarillados, es más común usar esta información traducida en un hietograma. El método de los bloques alternos es uno de los métodos que permite traducir una curva IDF en un hietograma de diseño. A continuación se muestra el proceso a seguir, según lo describe Ven Te Chow, en su libro "Applied Hydrology"

- 1. Dividir el tiempo de duración en intervalos
- 2. Seleccionar el periodo de retorno
- 3. Obtener de su curva IDF los valores de intensidad de precipitación para cada intervalo
- 4. Calcular la profundidad o volumen de precipitación caída en cada intervalo, multiplicando la intensidad por la duración del intervalo (en horas)
- 5. Restar los valores sucesivos de profundidad de precipitación (en mm) calculados antes
- 6. Reordenar los resultados de manera que el mayor valor esté en medio de la serie, y se vayan alternando en orden descendente alternativamente a lado y lado de ese máximo

El proceso anteriormente descrito se ilustra en la tabla 2, tomando como ejemplo la curva IDF de Cajicá, con un periodo de retorno de 100 años:

Tabla 2 Método de los bloques alternos aplicado a la curva IDF de PR=100 años, en Cajicá

Duración	Intensidad (mm/h)	Profundidad acumulada (mm)	Profundidad incremental (mm)	Precipitación (mm)
0:05	293.607	24.47	24.47	1.66
0:10	187.11	31.19	6.72	1.86
0:15	143.76	35.94	4.75	2.13
0:20	119.242	39.75	3.81	2.54
0:25	103.142	42.98	3.23	3.23
0:30	91.615	45.81	2.83	4.75
0:35	82.881	48.35	2.54	24.47
0:40	75.99	50.66	2.31	6.72
0:45	70.39	52.79	2.13	3.81
0:50	65.731	54.78	1.98	2.83
0:55	61.782	56.63	1.86	2.31
1:00	58.385	58.39	1.75	1.98
1:05	55.425	60.04	1.66	1.75
1:10	52.818	61.62	1.58	1.58





De esta manera, el área sombreada de la tabla anterior, junto con las duraciones de la primera columna, correspondería al hietograma de diseño de Cajicá.

2.4 Prácticas de drenaje sostenible

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) pretenden minimizar el impacto que genera una urbanización hacia la cuenca a la cual pertenece. En otras palabras, intentan que la respuesta hidrológica de una zona sea similar a la que tenía antes de ser urbanizada, y por consiguiente, disminuir la escorrentía y los altos picos de caudal que se presentan en nodos de descarga de estas urbanizaciones. Actualmente, las diferentes técnicas y estructuras SUDS están aplicadas en muchos países del mundo. En Reino Unido, por ejemplo, los sistemas de drenaje urbano sostenible están ampliamente establecidos. También se pueden encontrar en países como Australia, Estados Unidos, Dinamarca, Alemania y Suecia.

Los SUDS pueden dividirse en dos grandes grupos: estructurales y no estructurales. Los SUDS no estructurales corresponden a capacitaciones, cursos y enseñanzas que puedan crear una cultura en torno al uso del agua y del suelo. Por otro lado, los SUDS estructurales corresponden a estructuras físicas que se implementan en las ciudades. El análisis que se realizará se enfocará en estas últimas. Las estructuras SUDS también pueden categorizarse según su funcionamiento. Existen entonces, dos principales funciones: infiltración o filtración, y detención y retención. Las estructuras que cumplen la función de filtración permiten que el agua precipitada pueda infiltrarse al suelo bajo la urbanización, sin generar escorrentía ni aumentar los caudales de salida. Por otro lado, las estructuras que cumplen la función de retener interceptan el agua de la precipitación, y la retienen por un tiempo considerable. Esto permite que el agua retenida pueda evaporarse antes de entrar en el sistema de alcantarillado de una ciudad, o bien, infiltrarse en el sistema de alcantarillado cuando ya no esté saturado.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de las estructuras SUDS:

2.4.1.1 Techos verdes

Los techos verdes son los techos de un edificio que está parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado, con una membrana impermeable. Puede incluir otras capas que sirven para drenaje e irrigación y como barrera para las raíces.







Ilustración 6 Edificio BTS en Bogotá, techo verde instalado. Fuente: (Groncol, 2020)

2.4.1.2 Zanjas de infiltración

Las zanjas de infiltración son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos, al aumentar la infiltración del agua en el suelo. Estas obras de recuperación de suelos pueden ser construidas de forma manual o mecanizada, y se sitúan en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores. (Roberto Pizarro Tapia, 2004)



Ilustración 7 Humedales en el centro empresarial Elemento, Bogotá





2.4.1.3 *Estangues*

Un estanque es una pequeña cavidad de agua, natural o artificial, utilizado cotidianamente para proveer al riego, criar peces, nadar, etcétera, o con fines meramente ornamentales. Los estanques en ciudades son grandes estructuras que permiten captar hasta el 100% del agua que se precipita, siendo entonces una de las mejores estructuras SUDS. Sin embargo, se necesita mucho espacio y no puede utilizarse el área en donde esté implementado.



Ilustración 8 Parque Simón Bolívar (Instituto Distrital de Recreación y Deporte, 2017)

2.4.1.4 Pavimentos permeables

Los pavimentos permeables generalmente están hechos de una matriz de concretos bloques que incluyen huecos llenos de arena, grava o tierra. Estos vacíos permitir que la escorrentía se infiltre a través del pavimento en el suelo subyacente, mitigar el impacto de la escorrentía y recargar las aguas subterráneas. Debido a que el polvo o las partículas emitidas por los automóviles pueden reducir permeabilidad en el tiempo, es adecuado instalar pavimento permeable en espacios como estacionamientos, entradas de vehículos y andenes, donde el volumen es bajo y la gestión del mantenimiento es fácil.







Ilustración 9 Pavimento Permeable (United States Environmental Protection Agency, 2015)

2.5 Casos de estudio

Este capítulo tiene como fin discutir brevemente algunos de los resultados de varios proyectos en donde se compararon diferentes estructuras SUDS en países con frecuencias altas de lluvia o bajo episodios violentos que se hayan presentado

2.5.1 Proyecto AQUAVAL, Valencia, España.

Este proyecto fue discutido a través del artículo "SuDS Efficiency during the Start-Up Period under Mediterranean Climatic Conditions", publicado en la revista Clean Soil Water, en 2013. (Sara Perales-Momparler, 2013)

2.5.1.1 Área de estudio

En el estudio llevado a cabo en el artículo, se discuten 2 estructuras SUDS (franjas de infiltración y techos verdes), ubicadas en 3 lugares diferentes:

• Franja de infiltración alrededor de un complejo deportivo





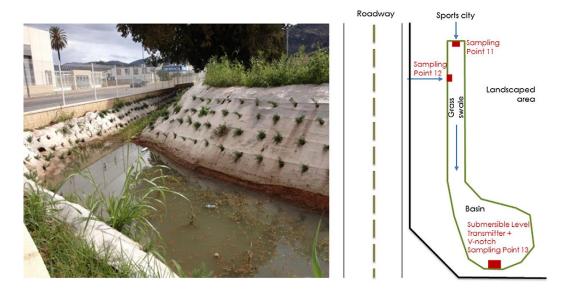


Ilustración 10 Franja de infiltración del lugar 1

Esta puede albergar hasta 170 m³ de agua, recibiendo escorrentía de la carretera y un complejo deportivo situado a un costado de esta (1900 m² + 11.100 m², respectivamente)

Franja de infiltración a un costado de una carretera de alto volumen



Ilustración 11 Franja de infiltración del lugar 2

Puede albergar hasta 218 m³ y recibe escorrentía proveniente de 7.000 m² de carreteras públicas y privadas.

• Techos verdes en la escuela pública Gonzales Vera





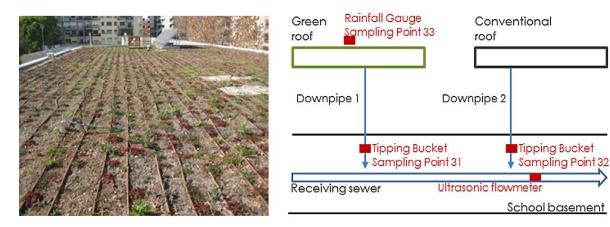


Ilustración 12 Techo verde del lugar 3

La escuela pública de Gonzales Vera, localizada en el corazón de la ciudad de Xàtiva, fue escogida como lugar 3. En la zona se instalaron un total de 218 m² de techos verdes nuevos, con un grosor de 10 centímetros.

2.5.1.2 Resultados

El monitoreo comenzó a fines de septiembre de 2012 con la mayor cantidad de evento torrencial registrado durante el otoño de y fue el primer período significativo de lluvia después de La construcción de la SuDS. Esto significó que el período de inicio comenzó con condiciones de lluvia intensa relativamente extremas: 92 mm en tres días. Otros 8 episodios de luvia fueron grabados durante el monitoreo. Los resultados de cada uno de los episodios y el rendimiento de los SUDS instalados pueden observarse a continuación:

		1	1	1	2	2	2	3	3	3
Event	Rainfall depth (mm)	Runoff volume (m³)	Spill volume (m³)	Volumetric efficiency (%)	Runoff volume (m³)	Spill volume (m³)	Volumetric efficiency (%)	Runoff volume (m³)	Spill volume (m³)	Volumetric efficiency (%)
1	92.0	909.0	195.7	78	598.9	114.9	81	20.1	-	-
2	35.4	349.8	54.1	85	230.5	33.4	86	7.7	_	-
3	23.8	235.1	0.0	100	154.9	0.0	100	5.2	-	-
4	5.4	53.4	0.0	100	35.2	0.0	100	1.2	_	-
5	5.4	53.4	0.0	100	35.2	0.0	100	1.2	_	_
6	119.6	1181.6	433.8	63	778.6	131.7	83	26.1	_	_
7	8.0	79.0	0.0	100	52.1	17.9	66	1.7	_	_
8	9.4	92.9	0.0	100	61.2	0.0	100	2.0	1.0	52
9	4.6	45.4	0.0	100	29.9	0.0	100	1.0	0.3	73

Ilustración 13 Resultados de las estructuras SUDS (Sara Perales-Momparler, 2013)

Los lugares 1 y 2 se refieren a las zanjas de infiltración, y el lugar 3 los techos verdes. *Runoff volume* se refiere al volumen de escorrentía presentada y *Spill volume* se refiere a el volumen de esta escorrentía que no pudo contenerse en la estructura SUDS.





En los 2 casos de franjas de infiltración se logra reducir en un 60% mínimo la escorrentía de la zona. En la mayoría de los casos estas estructuras reducen e 100% del agua precipitada.

Por otro lado, los techos verdes presentan eficiencias parciales en lluvias pequeñas (del 53% al 73%9. Este artículo nos proporciona un primer acercamiento a la capacidad que tienen los SUDS para reducir la escorrentía. Sin embargo, se debe aclarar que las lluvias presentadas acá son relativamente pequeñas con las presentadas en los trópicos, por lo cual, los SUDS tienen mayor eficiencia que en la mayoría de los casos. Además, en este proyecto no hubo control de la escorrentía que podría haberse captado por le terreno, sin necesidad de implementar SUDS.

2.5.2 Technische Universitat Dresden Campus

En el campus de esta universidad alemana, se realizó un análisis de elevación de la zona, de impermeabilidad y, junto con el drenaje existente, se implementaron 3 tipos de estructuras SUDS:

- 1. Barriles de lluvia (rain barrels)
- 2. Zanjas de infiltración (infiltrativo trenches)
- 3. Pavimentos permeables

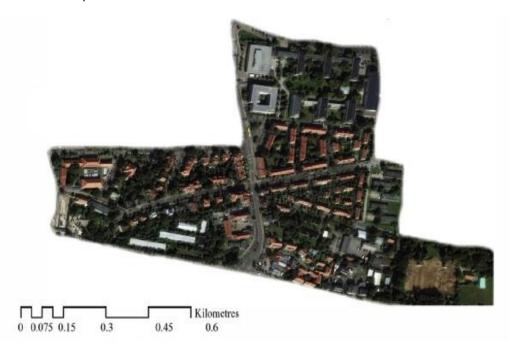


Ilustración 14 Campus de la universidad alemana Technische Universitat Dresden. Tomado de: (Wenyu Yang, 2020)

El análisis se llevó a cabo utilizando el "Environmental Protection Agency Storm Water Management Model (EPA SWMM)". Como un modelo dinámico de lluvia-escorrentía, el modelo SWMM ha sido continuamente desarrollado para la adopción de planeo, análisis y diseño de los





sistemas de drenaje urbano desde 1971. Durante los últimos años, el modelo SWMM ha sido ampliamente utilizado para simulaciones hidrológicas para corto y mediano plazo por estudiantes e ingenieros hidráulicos. Los resultados generados por este modelo son modelos prácticos y sistemáticos que logran analizar la cantidad de escorrentía generada de las cuencas hidrológicas que se esté trabajando. Adicionalmente, SWMM es el modelo que se escogió para el caso de estudio del presente documento.

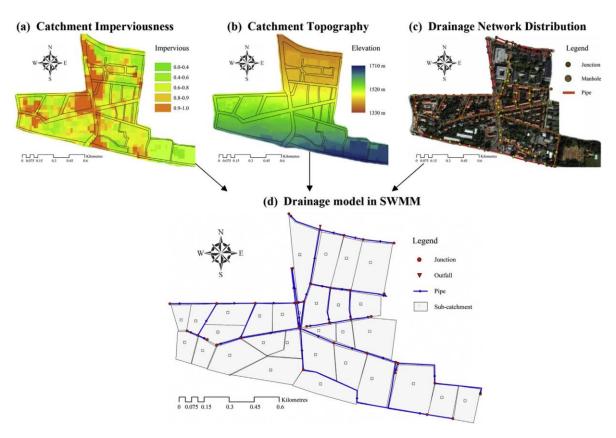


Ilustración 15 Modelo de EPA SWMM para el caso de estudio 2

Siete escenarios fueron analizados con EPA SWMM, a través del artículo "Mesuren performance of low impact development practices for the surface runoff management".

- Un escenario por cada una de las estructuras SUDS mencionadas anteriormente, (barriles de Iluvia, franjas de infiltración y pavimentos permeables)
- Un escenario por cada combinación de dos de estas,
- Uno correspondiente a la combinación de las 3.

A continuación, los resultados del anterior análisis:





LID practice	Runoff volume removal rate							
	3 Mon ^a	6 Mon	12 Mon	60 Mon	120 Mon	180 Mon		
IT	14.93%	18.60%	17.92%	16.48%	15.96%	16.36%		
PP	12.93%	16.16%	15.51%	14.20%	13.75%	14.10%		
RB	14.30%	17.85%	17.14%	15.74%	15.25%	15.64%		
IT + PP	19.86%	23.73%	23.01%	21.51%	20.97%	21.40%		
IT + RB	21.61%	25.68%	24.87%	23.30%	22.76%	23.23%		
PP + RB	18.23%	21.98%	21.24%	19.77%	19.26%	19.68%		
IT + PP + RB	23.24%	27.42%	26.64%	25.04%	24.46%	24.94%		

Ilustración 16 Resultados caso de estudio 2

En este artículo analizan, a través de estos 7 escenarios el desempeño de los SUDS y la relación costo y beneficio que estos tienen.

El análisis de costo-efectividad se realizó para analizar el desempeño económico-técnico de las prácticas de LID. Los resultados sugieren que el RB era la opción LID más rentable con un rango de relación c/b de 0.32–0.41 y PP tuvo la relación c/b más alta que varió de 4.79 a 5.99. En cuanto a las combinaciones de LID, la combinación de IT-PP-RB con un rango de relación c/b de 3.88–4.58 no fue el mejor técnicamente económico, a pesar de que presentó la tasa de eliminación más alta.

En cuanto a eficiencia, las franjas de infiltración tienen el mejor desempeño individual. Mientras que los pavimentos porosos, el menor. Según los hietogramas de diseño, la combinación de las tres estructuras puede llegar a reducir un 27.42% del volumen de escorrentía.

2.5.3 Cuenca de Hexi, en la ciudad de Nanjing, China

China es un país subtropical en donde a menudo ocurren fuertes lluvias que causan afectaciones catastróficas. La razón por la cual China es tan afectado es por la gran densidad poblacional de sus inmensas urbes. En China, las grandes ciudades suelen tener poca área permeable, por lo cual las inundaciones representan grandes amenazas. En este estudio se realiza un análisis a partir de un modelo computacional hidrológico con el fin de evaluar las oportunidades de implementación de SUDS en la ciudad de Nanjing, China.





2.5.3.1 Área de estudio

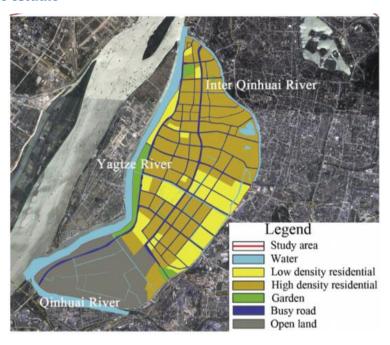


Ilustración 17 Área de estudio de Hexi, Nanjing, China. Tomado de: (Maochuan Hu, 2017)

Se conforma por:

- 40.4% residencia de alta densidad
- 22% tierra libre
- 16.5% residencia baja densidad
- 16.5% carretera
- 3.7% áreas verdes (85% de infiltración)

El evento de lluvia se caracteriza porque anualmente, llueve 1060 mm en la zona de estudio, en promedio y el máximo aguacero registrado de 1951 a 2014 en la estación meteorológica de Nanjing ocurrió en Julio 4 de 2003, el cual fue usado para esta investigación. Tuvo una profundidad de 207.2 milímetros.

2.5.3.2 Estructuras SUDS

En este estudio usaron 2 estructuras SUDS: sistemas de captación de agua (Rainwater harvesting) y pavimentos porosos, lo cuales se clasificaron de la siguiente manera. Los sistemas de captación de agua se clasificaron según su presencia por unidad de área de techo. Es decir, cuánto ocupa el





sistema de captación de agua en proporción al área que ocupan los techos de la zona. Esta unidad podía ser de 0.0267 o de 0.0785 metros cuadrados por cada metro de techo disponible (que en adelante se denominó 26.7 y 78.5 milímetros, respectivamente). Mientras tanto, los pavimentos porosos se clasificaron según el porcentaje de vías que ocuparon (50% o 75%). De esta manera, se analizaron 7 escenarios como sigue a continuación:

Tabla 3 Escenarios de caso de estudio 3

Escenarios	RH	PP
1	26.7	-
2	78.5	-
3	-	50%
4	-	75%
5	26.7	50%
6	78.5	50%
7	78.5	75%

Adicionalmente, se clasificaron diferentes subáreas en función del nivel de riesgo que presentaban (bajo, medio o alto). Este nivel de riesgo fue determinado por la cantidad de urbanización y por la presencia de cuerpos de agua que presentaban.

2.5.3.3 Resultados y discusión

El análisis de reducción de escorrentía que cada uno de estos escenarios realizó, se llevó a cabo midiendo la reducción que estas estructuras provocaban en el caudal de salida. Los resultados son los siguientes:





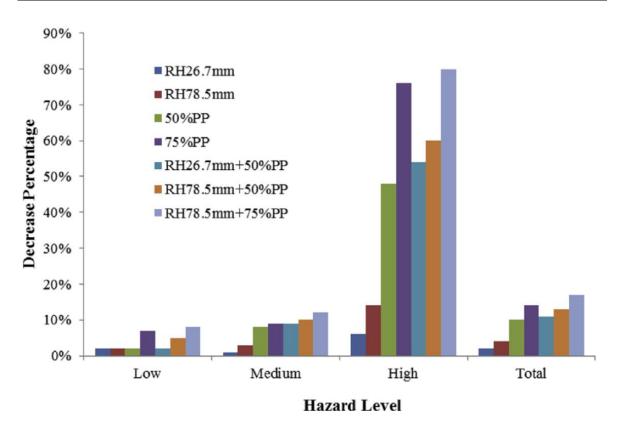


Ilustración 18 Resultados caso de la cuenca de Neri

Se pueden observar las grandes reducciones que se lograron en las áreas altamente urbanizadas, con unas amenazas importantes.

Se comentó que la implementación de prácticas LID (equivalente a SUDS) puede, hasta cierto punto, mitigar inundaciones y sus riesgos. El escenario de RH78.5 mm / 75%PP escenario fue el más eficiente para reducir las áreas de inundación. Los pavimentos permeables funcionaron mucho mejor que el sistema de captación de agua, para reducir los riesgos de inundación. Se sabe que un problema de estas estructuras son los altos costos del mantenimiento de estos, sin embargo, en el estudio se menciona que el potencial para la reconstrucción de pavimentos permeables en cuencas urbanas es grande. En este artículo, se recomienda la implementación de pavimentos permeables en no más del 75% en calles no muy transitadas.

2.5.4 Ciudad de Seúl, Corea del sur

Según las estadísticas de daños importantes atribuibles a desastres naturales en Corea durante la última década (2006–2015), las cantidades más altas de daños han sido causados por lluvias (63%) y tifones (30%). Este artículo considera que, en vez de lidiar con los costos de reparación, sale más provechoso enfrentarse a las inundaciones con los costos que generaría implementar un manejo





de las aguas pluviales exitoso, como, por ejemplo, la implementación de SUDS. De esta manera, este estudio analiza diferentes prácticas SUDS en la capital de Corea del Sur, Seúl.

2.5.4.1 Área de estudio

Para este caso se eligieron 2 lugares diferentes dentro de la ciudad, con las siguientes características:

Sitio 1:

- Típica urbanización de alta densidad.
- Más del 80% del área es impermeable
- Casi 200 ha

Sitio 2:

- Típica área comercial
- Más del 85% del área es impermeable
- Casi 200 ha

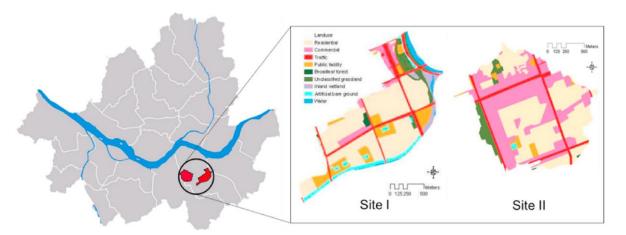


Ilustración 19 Lugares de estudio en Seúl, Corea del Sur (Chaeyoung Bae, Effects of low-impact development practices for flood events at the catchment scale in a highly developed urban area, 2020)

El mayor evento de lluvia registrado, con el que se realizó el análisis a través de un modelo de SWMM, ocurrió en 2010, de gran intensidad (71mm/h), pero de poca cantidad en general.

En este estudio se refirieron brevemente a las estructuras SUDS a analizar, las cuales incluían techos verdes y pavimentos permeables.





2.5.4.2 Resultados

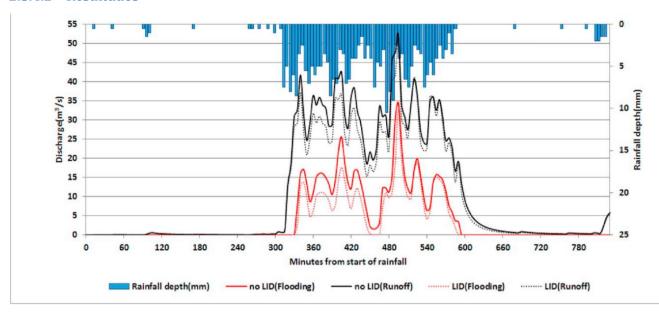


Ilustración 20 Resultados caso de estudio de Seúl, Corea del Sur

En la imagen anterior se combinan tres diagramas diferentes. La precipitación caída (de color azul en la parte de arriba con sus unidades correspondientes en el lado derecho), el caudal de escorrentía (de color negro, visualizado en la parte de abajo con sus unidades al costado izquierdo) y el caudal de inundación (de color rojo, con sus unidades al costado izquierdo). Las líneas punteadas corresponden a los caudales que se presentaron después de la implementación de los SUDS. Se puede observar entonces otro caso de éxito que logran las estructuras SUDS.

2.5.5 Jardín de infiltración en la ciudad de Xi'an, China

2.5.5.1 Área de estudio

En la ciudad de Xi'an, en el centro de China, se realizó un estudio para evaluar el efecto que tenía un pequeño jardín de infiltración en los picos de caudal y la escorrentía de la zona. (S. Tang, 2016)





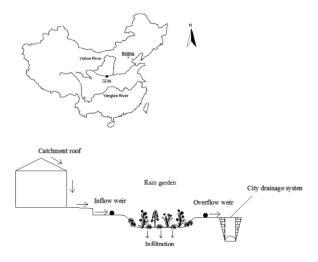


Ilustración 21 Área de estudio



Ilustración 22 Jardín de infiltración del caso 5

El jardín de infiltración tenía las siguientes características:

Superficie: 30 m²

Profundidad: 15 cm

Recibe escorrentía de los techos aledaños con un área total de 604,7m²

2.5.5.2 Resultados

Los resultados se midieron en diferentes periodos: mayo, junio y julio del 2013 y julio del 2014. Así, los resultados obtenidos se presentan en las siguientes gráficas:





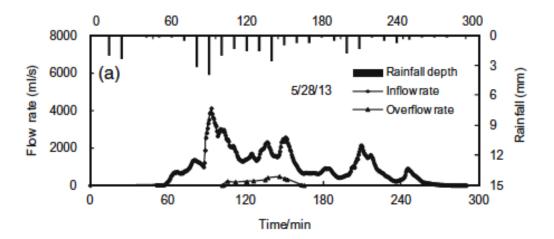


Ilustración 23 Resultados caso de estudio 5 (mayo, 2013)

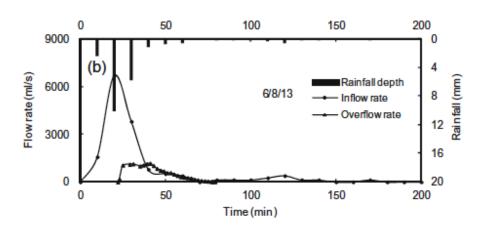


Ilustración 24 Resultados caso de estudio 5 (junio, 2013)

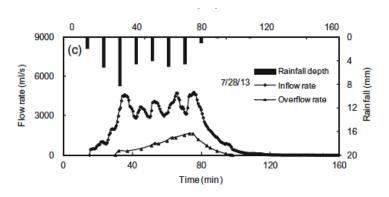


Ilustración 25 Resultados caso de estudio 5 (julio, 2013)





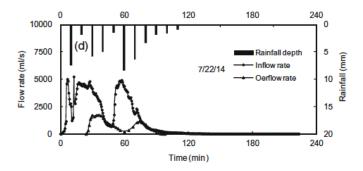


Ilustración 26 Resultados caso de estudio 5 (julio, 2014)

Se puede observar que, para mayo, junio y julio del 2013, se tuvo un 93.8%, 77.6%, 77.8% de reducción de volumen de escorrentía, respectivamente, mientras que para julio de 2014 se obtuvo un 76.6% de reducción.

Algunas conclusiones importantes con respecto a los jardines de lluvia discutidas en este estudio son:

- De las 28 tormentas observadas durante el estudio de cuatro años, el jardín de lluvia se desbordó solo en cinco eventos. Las tasas de retención de escorrentía para estos eventos de desbordamiento oscilaron entre 0.80 y 0.94.
- Las contribuciones a la retención de flujo del almacenamiento y la infiltración en el jardín de lluvia difirieron con las tormentas de diferente intensidad, y la infiltración jugó un papel más importante durante las pequeñas tormentas.
- La capacidad del jardín de lluvia experimental no se vio afectada por la obstrucción del suelo en los años de estudio.
- El patrón de uso de la tierra y los cambios de tormenta mostraron que los jardines de lluvia pueden actuar como hidrológicos efectivos Para lograr el efecto previsto, los jardines de lluvia tienen que colocarse adecuadamente para recoger la escorrentía de tormenta.

2.5.6 Distrito de Jin'an, Ciudad Fuzhou, Sureste de China

2.5.6.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde a un distrito de la ciudad de Fuzhou, China, en este se instalaron franjas de infiltración, pavimentos porosos, y techos verdes (Zheng Peng, 2018).





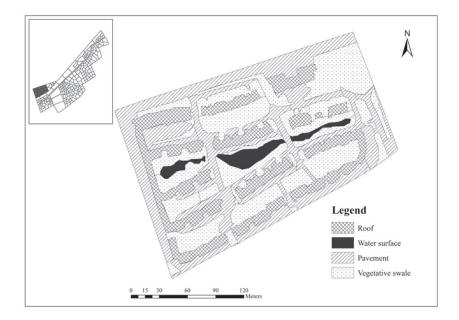


Ilustración 27 Área de estudio, caso Jin'an

Esta área, además, posee las siguientes características:

- Ciudad de alta densidad con una precipitación anual de 2100 mm y una intensidad alta que puede llegar a los 70 mm/h.
- La urbanización ha crecido considerablemente.
- El suelo estaba compuesto por techos (21.55%), carreteras (43.08%), cuerpos de agua (4.08%) y Vegetación (31.28%).

Es importante resaltar, que cuando la precipitación alcanza los 37 mm de profundidad, se evidencian inundaciones.

El análisis se llevó a cabo con el modelo PCSWMM, un software desarrollado por "Canada Computational Hydraulics International (CHI)", basado en el software EPA SWMM.

El episodio de lluvia usado se originó a través de un análisis estadístico de los episodios de lluvia que se presentaban en la zona, para un episodio de una duración de 2 horas:

Tabla 4 Episodios de Iluvia para el caso de estudio de Jin'an

Periodos de retorno (años)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/h)
0,5	37,6	18,8
1	49,85	24,92





2	62,09	31,05
5	78,28	39,14
10	90,53	45,26
20	102,72	51,36
50	118,96	59,48
100	131,21	65,61

Los escenarios propuestos para las diferentes estructuras de manejo mencionadas anteriormente se disponen a continuación:

Tabla 5 Escenarios propuesto, caso de estudio Jin'an

Á	Área de la estructura de manejo (m²)					
Escenarios	PP	FI	TV			
1	1.9	-	-			
2	-	1.23	-			
3	-	-	0.95			
1-2	1.9	1.23	-			
1-3	1.9	-	0.95			
2-3	-	1.23	0.95			
1-2-3	1.9	1.23	0.95			





2.5.6.2 Resultados

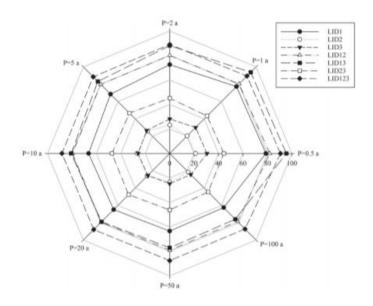


Ilustración 28 Resultados caso de estudio Jin'an

Los 7 escenarios son más efectivos en el control de inundaciones durante lluvias con periodos de retorno más pequeños (menos intensidad) y aguaceros de mayor duración. El pavimento permeable es la mejor medida de LID, y la mejor combinación de estas es el pavimento permeable – franja de infiltración – techo verde (todos), que llegaron a reducir casi el 100% de la escorrentía en el periodo de retorno de 0,5 años





3 METODOLOGÍA

Con el objetivo de evaluar la reducción en el riesgo de inundación urbana al implementar sistemas de drenaje urbano sostenible se tomará como caso de estudio el Plan Maestro de la Fase III del sistema de alcantarillado del municipio de Cajicá (P.M.A.). Se seleccionó el municipio de Cajicá debido a la accesibilidad de la información hidrológica y del sistema de alcantarillado y por el interés en conocer las implicaciones hidrológicas del continuo crecimiento urbano en la zona, que en su mayoría es rural. Asimismo, se hará uso del software EPA SWMM dado que, permite implementar sistemas de control LID (low impact development, versión en inglés de SUDS) y conocer si la capacidad del sistema es suficiente para que no ocurran inundaciones. Los sistemas de control LID que se evaluarán son:

- Techos verdes,
- Pavimentos permeables
- Zanjas infiltrantes

Adicionalmente a esto, se diseñarán las tuberías de las cuencas a analizar a través del software UTOPIA, un programa desarrollado por el Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA) de la Universidad de los Andes.

3.1 Caso de estudio: Cajicá

Cajicá es un municipio ubicado en Cundinamarca con una extensión de 53 km² y una elevación promedio de 2588 m.s.n.m. Hace parte de La Sabana de Bogotá y se encuentra 39km al norte de la ciudad de Bogotá. Limita al norte con Zipaquirá, al oeste con Tabio, al Este con Sopó y al Sur con Chía (Alcaldía Municipal de Cajicá, s.f.). En cuanto a la hidrografía, Cajicá hace parte de la cuenca alta del río Bogotá y es atravesado por el río Frío y el río Bogotá.





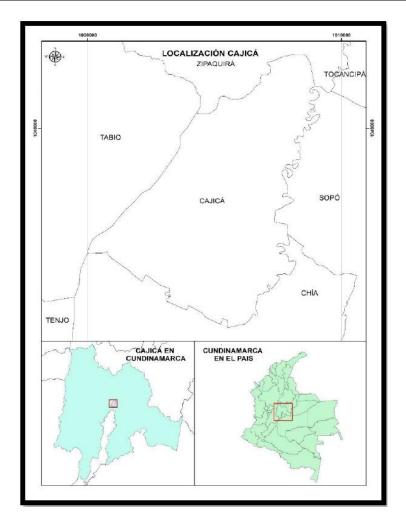


Ilustración 29 Localización del municipio de Cajicá

Cajicá ha venido presentando un crecimiento exponencial de población en los últimos años. Por su cercanía con Bogotá, una urbe de 8 millones de habitantes, se estima que Cajicá siga aumentando su crecimiento poblacional, en los años venideros. Al igual que su población, el municipio también ha aumentado su zona urbana, y por consiguiente la impermeabilidad de su cuenca. Estos factores ocasionan que el sistema de alcantarillado, que compartía las aguas negras con las aguas pluviales, se sobrecargue presurizando las tuberías y generando daños al sistema y escorrentía en las calles. Por lo anterior, en 2010, se propuso el Plan Maestro de Alcantarillado de Cajicá. Este proceso, tiene como fin principal separar las aguas negras y pluviales en sistemas de evacuación diferentes.

El plan maestro está dividido en 3 fases. Hoy en día, la fase 1 se completó y la fase 2 se encuentra en proceso, mientras que la fase 3 está prevista por realizarse en 10 años. El presente documento pretende analizar los efectos de las estructuras SUDS en la inexistente red pluvial de la fase 3, así





como diseñar de manera preliminar el sistema de alcantarillado de aguas lluvias de esta, para un escenario futuro en que esta zona esté totalmente urbanizada.

3.2 Fase 3 del P.M.A.

La fase 3 del plan maestro de alcantarillado corresponde a la zona menos urbanizada del municipio. Sin embargo, cabe aclarar que el presente análisis no tiene en cuenta esto. Como se ha dicho anteriormente, se pretende diseñar las tuberías de evacuación de aguas lluvias de la zona, por lo tanto, para diseñar la red de manera correcta se supone un escenario futuro, en donde toda la zona esté altamente urbanizada.

3.3 Modelo EPA SWMM

El Storm Water Management Model (Modelo de aguas pluviales) es una aplicación gestionada por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) y respaldada técnicamente por la Universidad de Oregón, capaz de reproducir los fenómenos de escorrentía urbana y combinar fenómenos asociados a aguas residuales. Es capaz de generar un modelo dinámico de lluvia-escorrentía, que ha sido continuamente desarrollado para la adopción de planeo, análisis y diseño de los sistemas de drenaje urbano desde 1971. Durante los últimos años, el modelo SWMM ha sido ampliamente utilizado para simulaciones hidrológicas para corto y mediano plazo por estudiantes e ingenieros hidráulicos. Los resultados generados por este modelo son modelos prácticos y sistemáticos que logran analizar la cantidad de escorrentía generada de las cuencas hidrológicas que se esté trabajando.

Para generar el modelo a usar se necesitarán una serie de parámetros de entrada, mencionados a continuación.

3.3.1 Trazado de la red, cuencas, nodos y tuberías

Debido a que el trazado de la red es inexistente, el trazado seguirá el mismo recorrido que el alcantarillado sanitario existente. De esta manera, se supondrá que los pozos de la red de aguas lluvias se ubicarán en los mismos lugares que los pozos de aguas negras, o a un lado de estos, con las mismas elevaciones superficiales, sin embargo, no necesariamente con las mismas cotas de fondo. La información del sistema de alcantarillado de aguas negras fue transmitida por Empresas Públicas de Cajicá (EPC Cajicá). Así mismo, el trazado de tuberías será similar. Se propondrán nuevas salidas que desembocarán principalmente en los dos ríos que rodean el municipio: el río Frío, y el río Bogotá. Debido a que son aguas lluvias, estas no llevan grandes cargas de contaminantes a los ríos, comparado con las aguas negras. Por último, las cuencas se dibujaron a partir de imágenes satelitales con meticulosidad, para simular cada parcela existente en la zona. De esta manera, el trazado, junto con las salidas correspondientes se muestra a continuación:





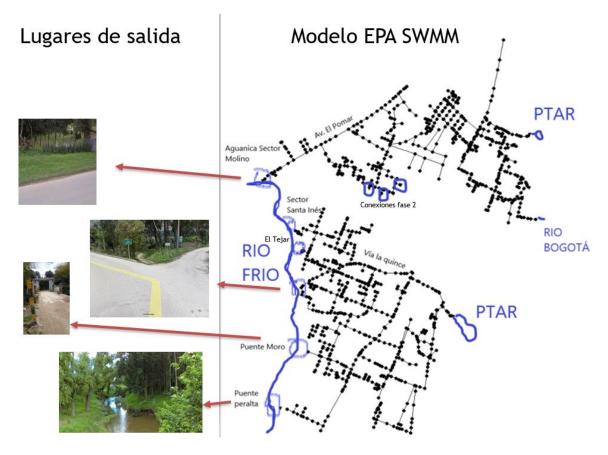


Ilustración 30 Trazado de la red en la Fase 3 del P.M.A. Cajicá

Puede observarse que el trazado se divide en 2 partes (zona norte y zona sur), ya que la porción que las separa en el centro corresponde a la zona más urbanizada y que se evaluó en la fase 2 del P.M.A.

Existen, por lo tanto, 10 salidas diferentes, con lo cual, se hablará de 10 cuencas diferentes, 4 en el norte y 6 en el Sur. Más adelante se mostrará cómo están configuradas con más detalle.

3.3.2 Hietograma de diseño

Un hietograma es la distribución temporal de la intensidad o de la profundidad de una precipitación a lo largo de la duración del episodio tormentoso.

Como se ha habló en el capítulo 2.3, el hietograma de diseño representa un episodio de tormenta generado a partir de las curvas IDF de una zona. A partir de las curvas IDF de Cajicá, ya mencionadas anteriormente, se construyó el hietograma de diseño que se usará en el presente modelo:





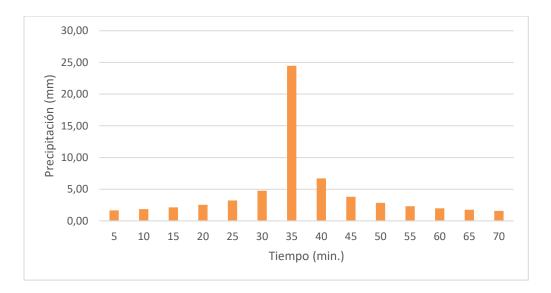


Ilustración 31 Hietograma de análisis

3.3.3 Subcuencas hidrológicas

En inglés "Subctachments", son los elementos trazados que representan cada parcela del terreno. La modelación de cada subcuenca conlleva un proceso en que se definen varios factores:

- **Nodo de salida**: depende de la elevación y configuración de la zona. Este proceso se realiza manualmente para cada subcuenca.
- Usos del suelo: El uso del suelo se clasifica en A, B, C y D. Estos dependen del nivel de infiltración que tienen según su conformación. El suelo de Cajicá está conformado por depósitos de terraza alta, los cuales están compuestos por suelos finos, arenas y gravas (Suelo tipo B)





Tipo	Descripción	K (mm/h)
A	Bajo potencial de escorrentía. Suelos con una alta tasa de infiltración incluso cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en arenas y gravas con drenaje profundo entre bueno y excesivo.	≥ 11
В	Suelos con tasa de infiltración media cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos con drenaje profundo a moderado y textura de grano mediano. Ejemplos: marga arenosa o <i>loss</i> poco profundo.	3,75 – 7,5
С	Suelos con tasa de infiltración baja cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos con una capa que impide el flujo de agua hacia abajo, o suelos con textura de grano fino. Ejemplos: marga arcillosa o marga arenosa poco profunda.	1,25 – 3,75
D	Alto potencial de escorrentía. Suelos con tasa de infiltración muy baja cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos arcillosos con un alto potencial de expansión, con un nivel freático permanentemente alto, con cubierte de arcilla en o cerca de la superficie y suelos poco profundos con una capa impermeable cerca de la superficie.	≤ 1,25

Ilustración 32 Usos de suelo según la EPA. Tomado de: (United States Environmental Protection Agency, 2015)

 Porcentaje de impermeabilidad: este porcentaje está dado por el uso que se le da a cada cuenca (manual de EPA SWMM). Sin embargo, debido a que analizaremos un escenario totalmente urbanizado, todas las cuencas tendrán el mismo porcentaje de impermeabilidad de 65%.





Descripción del U	so del Suelo
Tierra cultivada	
Sin tratamiento d	de conservación
Con tratamiento	de conservación
Pastos y prados	
En malas condic	iones
En buenas condi	iciones
Pradera	
En buenas condi	iciones
Terreno boscoso	
	ierta forestal pobre o inexistente
Buena cubierta f	orestal ³
•	résped, parques, campos de golf,
cementerios, etc.)	
	iciones (75% o más de hierba)
En pobres condi	iciones (50-75% de hierba)
Zonas comerciales (85% impermeable)
Polígonos industrial	es (72% impermeable)
Zona residencial ⁴	100
	a parcela ⁵ (% Impermeabilidad ⁶)
< 500 m ² (65%)	
1000 m ² (38%)	
1500 m ² (30%)	
2000 m ² (25%)	
4000 m ² (20%)	
	mentados, tejados, caminos
asfaltados, etc. 7	
Calles y carreteras	
	on cunetas y colectores de drenaje
Caminos de grav	ra
Sucios	

Ilustración 33 Diferentes usos de suelo

Aunque el valor máximo es de 85% para las zonas comerciales, se decide escoger el mayor entre zonas residenciales debido a que no se espera que existan zonas comerciales en toda la zona. Así, el valor de impermeabilidad de las cuencas es 65%.

- **Pendiente de la cuenca**: Se escoge un valor predeterminado que también concuerda con lo modelado en la fase 2, 0.5%.
- Anchura característica del flujo: Una estimación inicial de la anchura media de la cuenca se puede calcular dividiendo el área total entre la máxima longitud de esta. Así, la anchura de flujo corresponde a la división entre el área de la cuenca y la longitud que existe entre el nodo de salida de la cuenca y el vértice de la cuenca más alejado de este (United States Environmental Protection Agency, 2015). Utilizando este método, para cada cuenca se determinaron las coordenadas de cada vértice (con ayuda de Microsoft Excel), y la coordenada del nodo de salida para definir la anchura de cada cuenca.





 Manning: Un n de Manning se le asigna a las zonas impermeables y zonas no permeables, a través de la siguiente tabla del manual de EPA SWMM se pueden extraer los datos necesarios:

Superficie	n
Asfalto liso	0,011
Hormigón liso	0,012
Revestimiento de hormigón basto	0,013
Madera pulida	0,014
Ladrillo con mortero de cemento	0,014
Arcilla vitrificada	0,015
Fundición de hierro	0,015
Tuberías de metal corrugado	0,024
Superficie de escombrera	0,024
Terreno improductivo (libre de residuos)	0,05
Terreno cultivado	
Cubierta de residuos < 20%	0,06
Cubierta de residuos > 20%	0,17
Pasto natural	0,13
Hierba	
Corta, pradera	0,15
Densa	0,24
Hierba <i>Bermuda</i>	0,41
Bosque	
Con cubierta ligera de arbustos	0,40
Con cubierta dense de arbustos	0,80

Ilustración 34 N de Manning para superficies

Se determinó que las zonas permeables de Cajicá eran pasto natural (0.13) y las zonas no permeables eran generalmente asfalto liso (0.011).

• Almacenamiento: el almacenamiento permeable e impermeable se extrae a partir del análisis de depresiones en el terreno. Desafortunadamente, no se dispone de esta información para la fase 3 de Cajicá. Sin embargo, analizando los terrenos usados para el modelo de la fase 2 de Cajicá, se encontró que los valores oscilan entre 3.71 y 3.81 milímetros en la zona permeable y 0 en todos los casos, en la zona impermeable. Por esta razón, se le asigna un valor promedio de 3.76 milímetros a la zona permeable de todas las subcuencas de la zona, y de 0 para las zonas impermeables.





 Método de infiltración: el método de infiltración escogido es el Número de Curva desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos debido a que considera el tipo de suelo, el uso de suelo y las condiciones previas de humedad

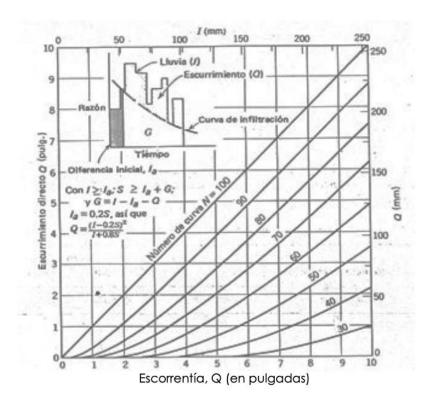


Ilustración 35 Número de curva (Soil Conservation Service)

De esta ilustración, podemos observar que:

$$Q = \frac{(I - 0.2 * S)^2}{I + 0.8 * S}$$

$$S = \frac{25.400}{N} - 254$$

Y que, cuando N (el número de curva) tiende a 100, Q (la escorrentía) tiende a infinito. Paralelamente, cuando N tiende a 0, la escorrentía Q tiende a 0.

$$N \rightarrow 100, \ S \rightarrow 0, \ Q \rightarrow I$$

$$N \to 0$$
, $S \to \infty$, $Q \to 0$

Para el modelo de infiltración de necesitan los siguientes parámetros





- Número
- Tiempo de secado
- Conductividad

La conductividad y el tiempo de secado no tienen mayores afectaciones al modelo actual, por lo cual, se dejan de manera predeterminada. El número de curva se extrae de la siguiente tabla:

_	Tipo de Suelos			
Descripción del Uso del Suelo	A	В	С	D
Tierra cultivada				
Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastos y prados				
En malas condiciones	68	79	86	89
En buenas condiciones	39	61	74	80
Pradera				
En buenas condiciones	30	58	71	78
Terreno boscoso				
Poco denso, cubierta forestal pobre o inexistente	45	66	77	83
Buena cubierta forestal ³	25	55	70	77
Espacios abiertos (césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.)				
En buenas condiciones (75% o más de hierba)	39	61	74	80
En pobres condiciones (50-75% de hierba)	49	69	79	84
Zonas comerciales (85% impermeable)	89	92	94	95
Polígonos industriales (72% impermeable)	81	88	91	93
Zona residencial ⁴ Tamaño medio de la parcela ⁵ (% Impermeabilidad ⁶)	7	7		- V
< 500 m ² (65%)	77	85	90	92
1000 m² (38%)	61	75	83	87
1500 m ² (30%)	57	72	81	86
2000 m² (25%)	54	70	80	85
4000 m ² (20%)	51	68	79	84
Aparcamientos pavimentados, tejados, caminos asfaltados, etc. ⁷	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados, con cunetas y colectores de drenaje	98	98	98	98
Caminos de grava	76	85	89	91
Sucios	72	82	87	89

Ilustración 36 Números de curva, manual EPA SWMM.

Debido a que el suelo de Cajicá es B, el número de curva a usar es 85 (para parcelas menores de 500 m²)

3.3.4 Tuberías

3.3.4.1 Material de la tubería

En general las tuberías son prefabricadas mediante procesos industriales perfectamente establecidos. Éstas pueden ser de los siguientes materiales: arcilla vitrificada (gres), concreto simple, concreto reforzado, asbesto cemento, hierro fundido, hierro dúctil, PVC, polietileno, polietileno de alta densidad, plástico reforzado con fibra de vidrio, resina termoestable reforzada





(fibra de vidrio), mortero plástico reforzado y acero(Título D de la RAS 2000) (Ministerio de Desarrollo Económico., 2000)

Material del conducto	n
Fibrocemento	0,011 - 0,015
Ladrillo	0,013 - 0,017
Fundición con revestimiento de cemento y junta recubierta	0,011 - 0,015
Hormigón (en bloques): Acabado liso Acabado basto	0,012 – 0,014 0,015 – 0,017
Hormigón (tubo)	0,011 - 0,015
Metal corrugado (½"×2½") Sin revestimiento interior Solera recubierta Revestido de asfalto centrifugado	0,022 - 0,026 0,018 - 0,022 0,011 - 0,015
Tubería de plástico liso	0,011 - 0,015
Cerámica vitrificada (gres) tubería de gres revestimiento por placas	0,011 - 0,015 0,013 - 0,017

Ilustración 37 N de Manning para conductos cerrados. Manual EPA SWMM

Valores del coeficiente de rugosidad de Maning					
Material	n				
CONDUCTOS CERRADOS					
Asbesto – cemento	0.011 - 0.015				
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015				
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017				
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0,012 - 0,015				
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 - 0,017				
Gres vitrificado	0.011 - 0.015				
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015				
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015				
Metal corrugado	0.022 - 0.026				
Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017				
CONDUCTOS ABIERTOS					
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018				
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020				
Canal excavado	0.018 - 0.050				
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035				

Ilustración 38 Coeficiente de rugosidad n de Manning para conductos cerrados Tabla D.2.2 de la RAS

Se determinó que el material a usar era PVC, por lo cual el n de Manning elegido es 0.010.





3.3.4.2 **Diseños**

Para el diseño de las tuberías, se usó el software UTOPIA, desarrollado por el centro de investigaciones en acueductos y alcantarillados — CIACUA. Es un software que permite el diseño optimizado de las redes de distribución de agua. Para el presente modelo se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- La excavación mínima de los pozos (y, por lo tanto, altura mínima) es de 1,2 metros.
- Lista de diámetros a usar es una oferta en PVC para saneamiento de ciudades, teniendo en cuenta que 0.25 es el mínimo permitido por la norma RAS 2000: (0.25, 0.3, 0.35, 0.38, 0.4, 0.45, 0.5, 0.53, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 1.05, 1.2, 1.35, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0). (todas las unidades en metros).
- La relación de llenado máxima, sin embargo, si el diámetro de una tubería es menor a 0.6 metros, la relación baja a 0.7 metros y si el número de Froude de una tubería está entre 0.7 y 1.5 (flujo crítico), se usa una relación de llenado máxima de 0.8.
- Para el cálculo de la velocidad se usa la ecuación de Manning, con un n de Manning de 0.10 (PVC)

Al presente documento se adjunta, en la sección de anexos las tablas que ilustran, para cada cuenca, el resultado de los diseños de este proceso y las propiedades del flujo máximo que puede transitar por cada tubería. Así mismo, se muestra a continuación un mapa de las cuencas que se diseñaron junto con los valores de caudal, relación de llenado, diámetro, área, Froude, batea inicial, batea final, excavación inicial y excavación final en la tubería de salida de cada una de las cuencas:





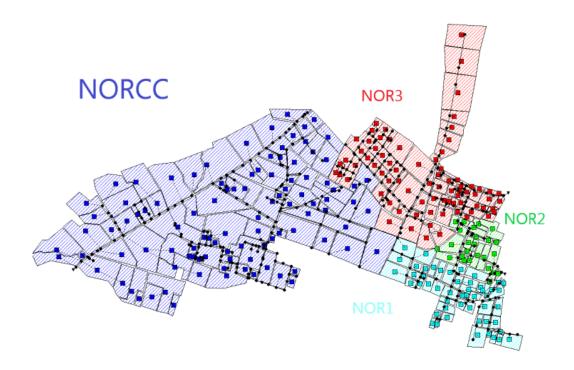


Ilustración 39 Cuencas Norte

Tabla 6 Resultados UTOPIA

		Noroccidental	Nororiental 1	Nororiental 2	Nororiental 3
	# Pozos	85	27	21	73
	# Tuberías	84	26	20	72
	Cota nodo inicial (m)	2589.00	2569.04	2571.86	2574.30
<u>a</u>	Cota Nodo final (m)	2588.80	2568.80	2571.76	2574.00
salida	Diámetro (m)	1.35	0.60	0.45	0.90
de s	Caudal diseño (m3/s)	4.38	0.72	0.42	2.28
	Relación de llenado	0.70	0.69	0.68	0.78
tubería	Longitud (m)	42.26	201.97	65.80	50.80
tβ	Área (m2)	1.07	0.21	0.11	0.54
en	Froude	1.41	1.83	2.22	1.59
les l	Batea inicial (m)	2569.10	2567.24	2569.66	2570.50
Valores	Batea final (m)	2568.90	2565.40	2568.76	2570.10
>	Excavación nodo inicial (m)	19.90	1.80	2.20	3.80
	Excavación nodo final (m)	19.90	3.40	3.00	3.90





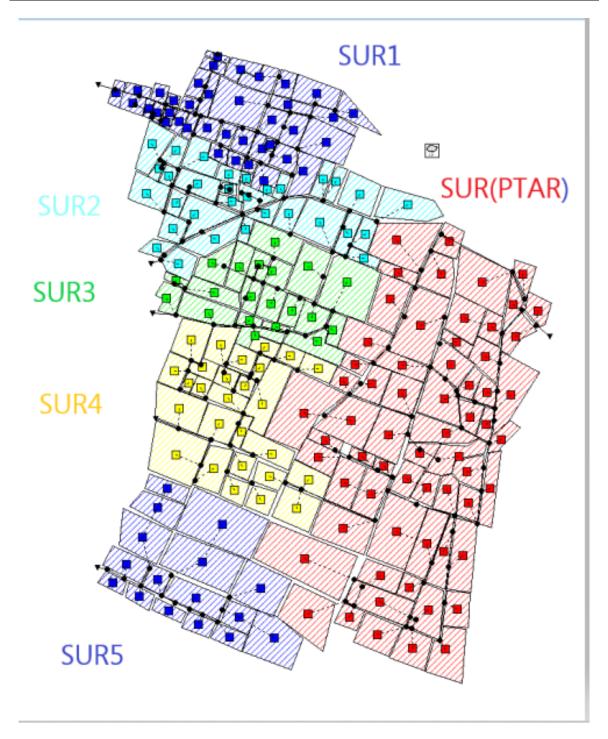


Ilustración 40 Cuencas SUR





Tabla 7 Resultados Cuencas SUR

# Pozos 30 31 21 25 13 60 # Tuberías 29 30 20 24 12 59 Nodo inicial N2 N1 N1 N1 n50 n1785 Nodo final 55 56 57 58 59 510 Cota nodo inicial (m) 2581.9 2579.9 2579.1 2579.2 2578.1 2578.9 Cota Nodo final (m) 2581.9 2579.8 2578.8 2579.0 2577.6 2571.8 Diámetro (m) 0.80 0.50 0.90 0.45 0.80 1.40 Caudal diseño (m³/s) 1.15 0.20 1.01 0.20 0.71 3.67 Relación de llenado 0.76 0.65 0.79 0.68 0.74 0.77 Longitud (m) 104.1 52.6 149.2 147.6 65.7 100.2 Área (m²) 0.41 0.14 0.54 0.12 0.40 1.27 Velocidad (m/s) 2.81 1.51 1.88 1.70 1.78 2.88 Froude 1.16 0.91 0.70 1.03 0.75 0.89 Batea final (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90 Excavación máxima 7.9 7.8 4 5.7 3.7 4.9				Т	Т	Т	Т	1
# Tuberías 29 30 20 24 12 59			SUR1	SUR2	SUR3	SUR4	SUR5	SURPTAR
Nodo inicial N2		# Pozos	30	31	21	25	13	60
Nodo final S5 S6 S7 S8 S9 S10		# Tuberías	29	30	20	24	12	59
Cota nodo inicial (m) 2581.9 2579.9 2579.1 2579.2 2578.1 2578.9 Cota Nodo final (m) 2581.9 2579.8 2578.8 2579.0 2577.6 2571.8 Diámetro (m) 0.80 0.50 0.90 0.45 0.80 1.40 Caudal diseño (m³/s) 1.15 0.20 1.01 0.20 0.71 3.67 Relación de llenado 0.76 0.65 0.79 0.68 0.74 0.77 Longitud (m) 104.1 52.6 149.2 147.6 65.7 100.2 Área (m²) 0.41 0.14 0.54 0.12 0.40 1.27 Velocidad (m/s) 2.81 1.51 1.88 1.70 1.78 2.88 Froude 1.16 0.91 0.70 1.03 0.75 0.89 Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90		Nodo inicial	N2	N1	N1	N1	n50	n1785
Cota Nodo final (m) 2581.9 2579.8 2578.8 2579.0 2577.6 2571.8 Diámetro (m) 0.80 0.50 0.90 0.45 0.80 1.40 Caudal diseño (m³/s) 1.15 0.20 1.01 0.20 0.71 3.67 Relación de llenado 0.76 0.65 0.79 0.68 0.74 0.77 Longitud (m) 104.1 52.6 149.2 147.6 65.7 100.2 Área (m²) 0.41 0.14 0.54 0.12 0.40 1.27 Velocidad (m/s) 2.81 1.51 1.88 1.70 1.78 2.88 Froude 1.16 0.91 0.70 1.03 0.75 0.89 Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90		Nodo final	S 5	S6	S7	S8	S9	S10
Diámetro (m) 0.80 0.50 0.90 0.45 0.80 1.40		Cota nodo inicial (m)	2581.9	2579.9	2579.1	2579.2	2578.1	2578.9
Caudal diseño (m³/s) Relación de llenado 0.76 0.65 0.79 0.68 0.74 0.77 Longitud (m) 104.1 52.6 149.2 147.6 65.7 100.2 Área (m²) Velocidad (m/s) 2.81 1.51 1.88 1.70 1.78 2.88 Froude 1.16 0.91 0.70 1.03 0.75 0.89 Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 7.50 7.40 3.20 5.70 3.30 4.90		Cota Nodo final (m)	2581.9	2579.8	2578.8	2579.0	2577.6	2571.8
Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.50 7.40 3.20 5.30 3.70 2.20 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90		Diámetro (m)	0.80	0.50	0.90	0.45	0.80	1.40
Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.50 7.40 3.20 5.30 3.70 2.20 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90	ılida	Caudal diseño (m³/s)	1.15	0.20	1.01	0.20	0.71	3.67
Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.50 7.40 3.20 5.30 3.70 2.20 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90	le sa	Relación de llenado	0.76	0.65	0.79	0.68	0.74	0.77
Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.50 7.40 3.20 5.30 3.70 2.20 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90	iría (Longitud (m)	104.1	52.6	149.2	147.6	65.7	100.2
Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.50 7.40 3.20 5.30 3.70 2.20 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90	tube	Área (m²)	0.41	0.14	0.54	0.12	0.40	1.27
Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.50 7.40 3.20 5.30 3.70 2.20 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90	s en	Velocidad (m/s)	2.81	1.51	1.88	1.70	1.78	2.88
Batea inicial (m) 2574.4 2572.5 2575.9 2573.9 2574.4 2567.1 Batea final (m) 2574.0 2572.3 2575.6 2573.3 2574.3 2566.9 Excavación nodo inicial (m) 7.50 7.40 3.20 5.30 3.70 2.20 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90	alore	Froude	1.16	0.91	0.70	1.03	0.75	0.89
Excavación nodo inicial (m) 7.50 7.40 3.20 5.30 3.70 2.20 Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90	>	Batea inicial (m)	2574.4	2572.5	2575.9	2573.9	2574.4	2567.1
Excavación nodo final (m) 7.90 7.50 3.20 5.70 3.30 4.90		Batea final (m)	2574.0	2572.3	2575.6	2573.3	2574.3	2566.9
		Excavación nodo inicial (m)	7.50	7.40	3.20	5.30	3.70	2.20
Excavación máxima 7.9 7.8 4 5.7 3.7 4.9		Excavación nodo final (m)	7.90	7.50	3.20	5.70	3.30	4.90
		Excavación máxima	7.9	7.8	4	5.7	3.7	4.9

3.4 Análisis por realizar

En los casos de estudio investigados, se hace una comparación de diferentes estructuras SUDS. Las estructuras que más se encuentran en estos estudios corresponden a los techos verdes (casi en todos los casos de estudio se menciona esta estructura). Adicionalmente, se menciona en gran medida los pavimentos permeables y ya se ha discutido su eficiencia en estos estudios.





Adicionalmente, debido a las condiciones de Cajicá, que proyecta ser una ciudad altamente urbanizada en los años venideros, se eligieron 3 estructuras SUDS:

- 1. Sistemas usados en el trabajo de Luisa Bonilla que evalúa la fase 2 de Cajicá (combinaciones de diferentes techos verdes)
- 2. Pavimentos permeables
- 3. Franjas de infiltración

3.4.1 SUDS escogido: Techo verde (TV)

El techo verde elegido para el presente proyecto fue el resultado más exitoso que obtuvo Luisa Bonilla en su proyecto de grado (Bonilla, 2019), que evalúa un análisis similar en la fase 2 del P.M.A de Cajicá:

Tabla 8 Propiedades de los diferentes techos verdes. Tomado de: (Bonilla, 2019)

Estrato	Propiedad	TV 3
	Altura berma (mm)	2
Superficie	Vegetación (fracción volumen)	0.2
Superficie	Superficie	0.41
	Pendiente (%)	30
	Espesor (mm)	152.4
	Porosidad (fracción volumen)	0.501
	Capacidad (fracción volumen)	0.284
Suelo	Punto de marchitez (fracción volumen)	0.135
	Conductividad (mm/h)	6.604
	Conductividad pendiente	60
	Cabeza de succión (mm)	169.926
	Espesor (mm)	50.8
Drenaje	Fracción de vacíos	0.6
	Rugosidad	0.4

Una vez definidos los parámetros del techo verde a utilizar se procede a determinar en qué proporción se usará. Bajo las condiciones del municipio de Cajicá en la fase 2, se determinó que los techos verdes podían usarse en apenas el 50% de las construcciones urbanas que pudieran ser viables. Se realizó un análisis del área de construcciones urbanas que podían ser usadas para techos verdes, en una zona típica urbana en el centro de Cajicá:







Ilustración 41 Centro de Cajicá

Ahora bien, el área que puede ser usada para techos verdes se encuentra a continuación:

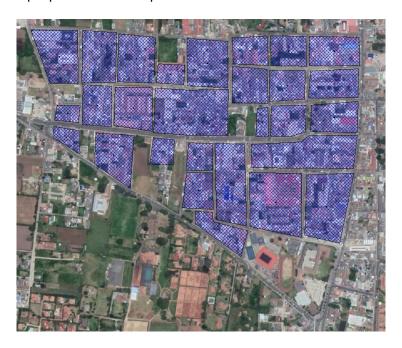


Ilustración 42 Zonas viables para techos verdes

El área total del área analizada es de 45.26 hectáreas y el área de construcción urbana corresponde a 29.4 hectáreas:





Tabla 9 Área de techos verdes en Cajicá

Área total (ha)	45.26	
Área de techos	29.4	
verdes		
Porcentaje	64.96%	

Así, se tiene que el porcentaje para techos verdes en Cajicá es del 64.96%, lo cual, concuerda además con el área asignada por el Manual EPA SWMM al área impermeable de zonas residenciales altamente urbanizadas (65%). Debido a la inclinación de los techos de Cajicá, se dijo que solo se usaría el 50% del área en que se presentaran techos. Por lo tanto, el área viable para la implementación de los techos verdes es de 32.5%.

3.4.2 SUDS escogido: Pavimento Permeable (PP)

En segundo lugar, se consideran los pavimentos permeables. Se usó un pavimento basado en un articulo del "Journal of Hydrologic Engineering", titulado "SWMM Simulation of the Storm Water Volume Control Performance of Permeable Pavement Systems". (Shouhong Zhang, 2014). Este artículo evalúa la confianza de la modelación de los pavimentos permeables en el SWMM, evaluando un caso de pavimentos permeables en la ciudad de Atlanta. Las características de los pavimentos permeables en este artículo fueron:

Tabla 10 Valores de los parámetros del modelo de pavimento permeable

Componente	Parámetro	Valor
	Almacenamiento (o altura de berma)	1.5
Superficie	Fracción de la vegetación	0
	Rugosidad de la superficie	0.015
	Grosor	200
Pavimento	Fracción de vacíos	0.16
	Permeabilidad	254





	Altura	450
Almacenamiento	Relación de vacíos	0.63
	Tasa de infiltración	3.3
Suelo nativo	Cabeza de succión	88.9
	Conductividad	3.3

Algunos valores, como el factor de atasco, la cantidad de superficie impermeable, la regeneración o los factores relacionados con el drenaje fueron ignorados en la anterior tabla debido a que son nulos, irrelevantes o se usó su valor recomendado por EPA SWMM en la presente modelación.

Ahora bien, el área que corresponde a esta estructura vendría siendo también identificada en la zona escogida de análisis, altamente urbanizada de Cajicá, teniendo en cuenta que no puede ser usada en calles de volumen alto.



Ilustración 43 Área viable para pavimentos permeables





Así, se tiene la tabla a continuación:

Tabla 11 Área viable para PP

Área total (ha)	45.26
Área de	
pavimentos	8.27
permeables	
Porcentaje	18.27%

Además de esto, se analizará la implementación de esta medida en solo el 50 % del área viable, ya que no se pretender usar completamente y las imágenes satelitales puedes generar errores. Por lo tanto, el área de pavimentos permeables corresponde al 9.14%

3.4.3 SUDS escogido: Zanja de infiltración (IT)

Las zanjas de infiltración (infiltration trenches en inglés) son angostos pasos rellenados con grava que interceptan la escorrentía proveniente de las áreas impermeables. Estas proporcionan almacenamiento y tiempo adicional para capturar la escorrentía e infiltrarla en el suelo nativo debajo. Los valores que se insertarán en el modelo de la zanja serán los siguientes, escogidos de los valores típicos que ofrece el manual de EPA SWMM y algunos casos de estudio (United States Environmental Protection Agency, 2015):

- Altura de la berma: en este caso se usará 0 milímetros, ya que se pretende que es una berma a ras con el suelo.
- Volumen de la vegetación: 0 para controles sin vegetación, y 0.2 para vegetaciones densas. Se adoptará un valor de 0.1.
- Coeficiente n de Manning para la superficie: no aplica para este tipo de SUDS, por lo que se usará el valor nulo.
- Pendiente: No se usa para este tipo de SUDS.
- El grosor del almacenamiento: es el factor fundamental en este tipo de SUDS. Los valores típicos van desde 400 a 900 milímetros (manual EPA SWMM), se usará un valor medio de 700 milímetros.
- Relación de vacíos: varían de 0.5 a 0.75, para camas de grava se usa 0.75. Se optará este valor.
- Tasa de infiltración: Un valor de diseño usado en un caso de estudio en Seúl, Corea, (Jae-Yeol Song, 2018), en el que usaron una tasa de infiltración de 210 mm/h. En general, este valor puede ser considerablemente alto considerando que la franja de infiltración permite que el agua llegue hasta el suelo nativo de la cuenca.





• Factor de atasco: un valor de 0 es lo adecuado para grava.

Es opcional insertar parámetros de drenaje, en este caso, se supone que la franja de infiltración no tendrá drenaje alguno.

Se analizarán los picos de caudales en cada una de las cuencas, y se discutirán sus resultados.





4 RESULTADOS

Siguiendo la metodología propuesta, se generaron 2 tipos de resultados: un hidrograma de salida para cada cuenca de análisis, que compara los efectos que tienen los 7 escenarios propuestos, y, en segundo lugar, un gráfico que muestra la reducción de escorrentía en las cuencas y la reducción del caudal pico en el nodo de salida. A continuación, se encuentran estos dos resultados para cada una de las cuencas:

4.1 Cuenca Noroccidental

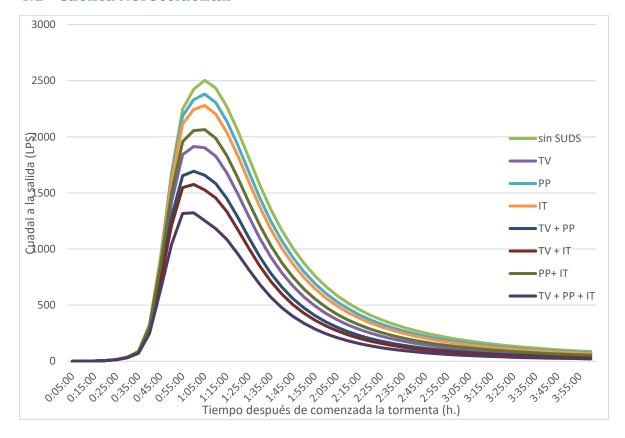


Figura 1 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Noroccidental





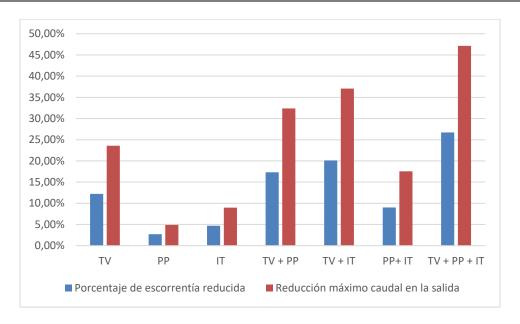


Figura 2 Porcentajes de reducción cuenca noroccidental

4.2 Cuenca Nororiental 1

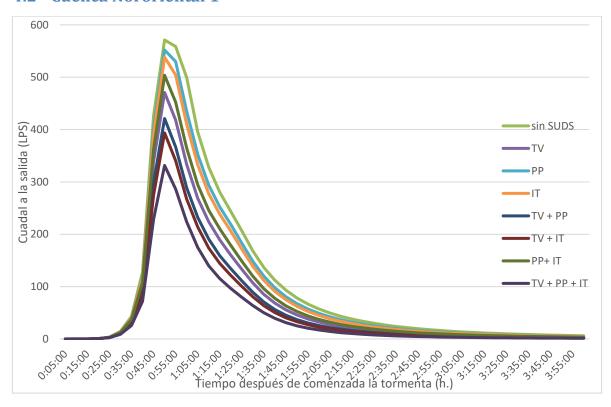


Figura 3 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Nororiental 1





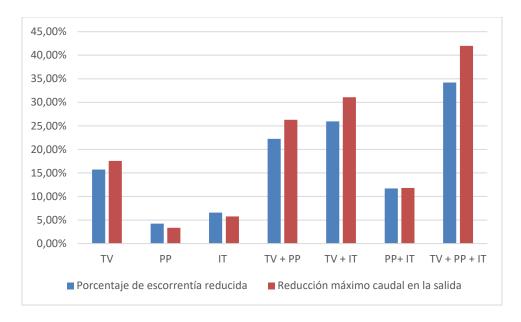


Figura 4 Porcentajes de reducción cuenca nororiental 1

4.3 Cuenca Nororiental 2

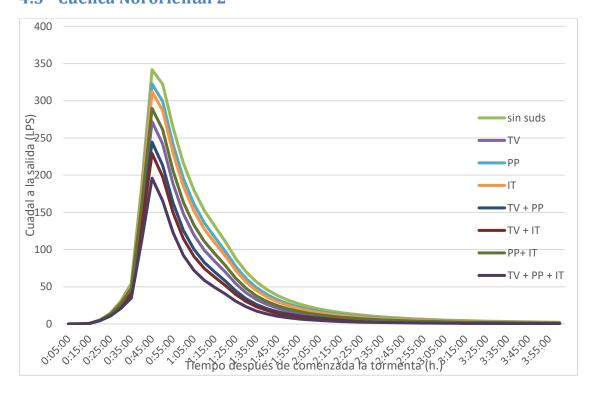


Figura 5 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Nororiental 2





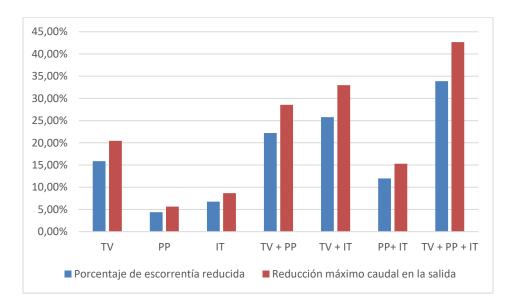


Figura 6 Porcentajes de reducción cuenca nororiental 2

4.4 Cuenca Nororiental 3

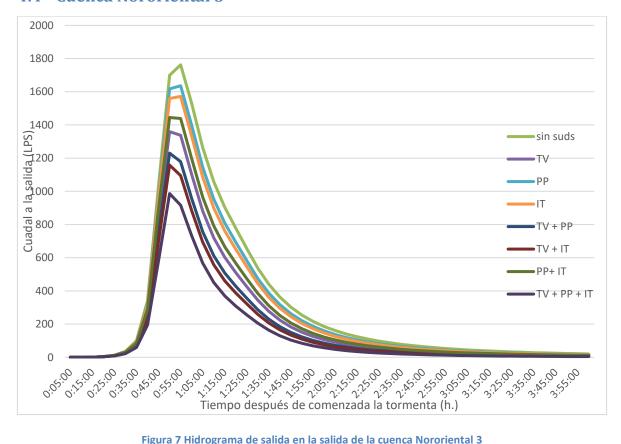


Figura 7 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Nororiental 3





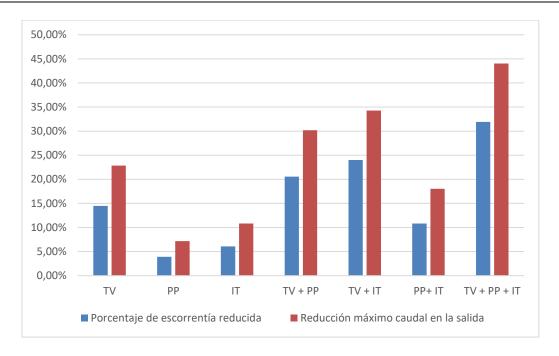


Figura 8 Porcentajes de reducción cuenca nororiental 3

4.5 Cuenca Sur 1

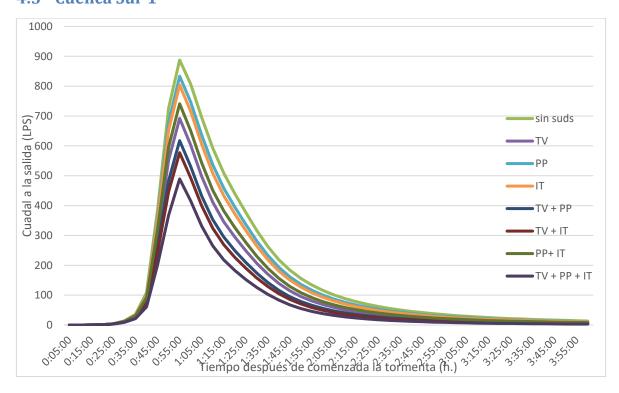


Figura 9 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 1





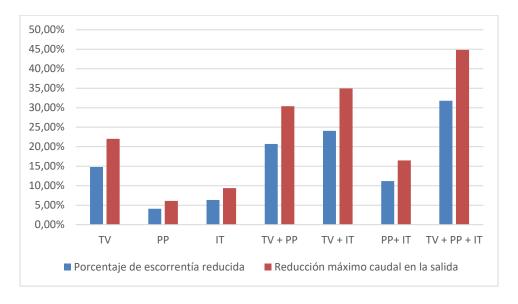


Figura 10 Porcentajes de reducción cuenca sur 1

4.6 Cuenca Sur 2

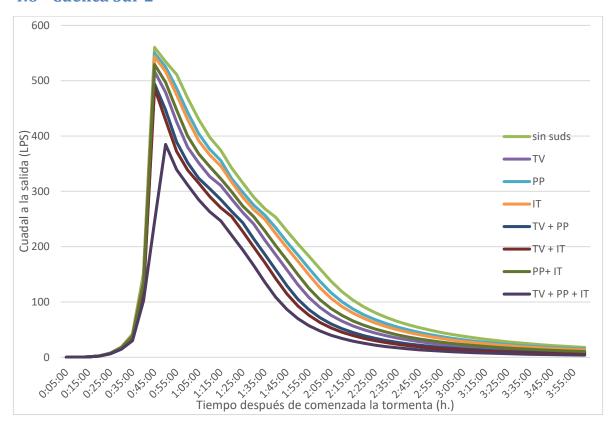


Figura 11 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 2





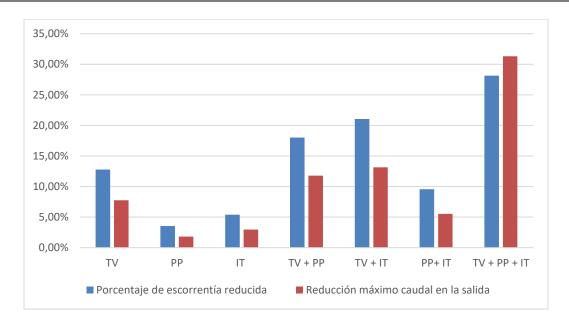


Figura 12 Porcentajes de reducción cuenca sur 2

4.7 Cuenca Sur 3

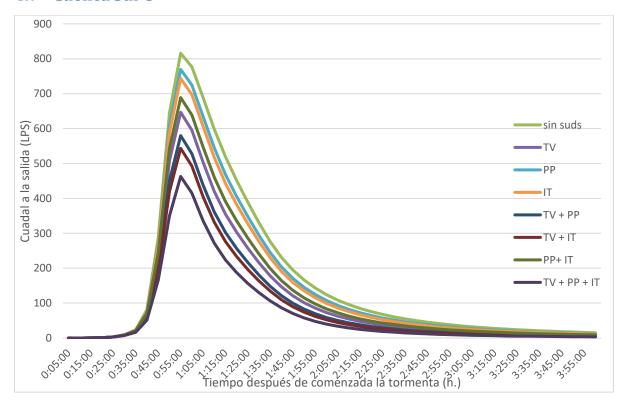


Figura 13 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 3





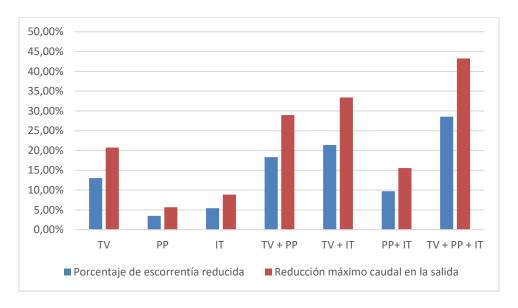


Figura 14 Porcentajes de reducción cuenca sur 3

4.8 Cuenca Sur 4

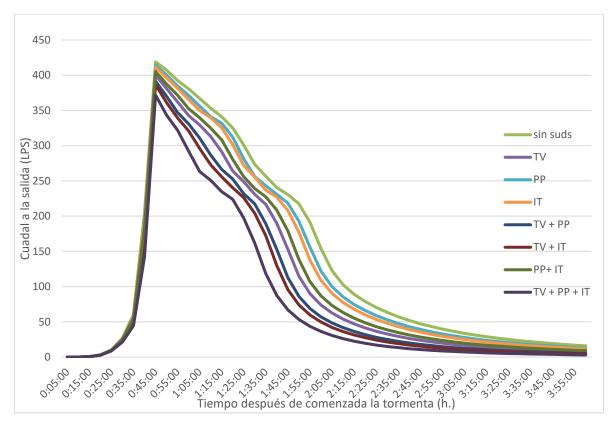


Figura 15 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 4





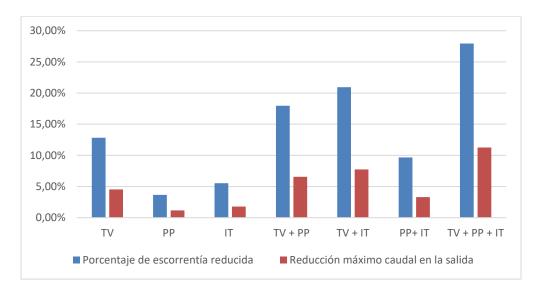


Figura 16 Porcentajes de reducción cuenca sur 4

4.9 Cuenca Sur 5

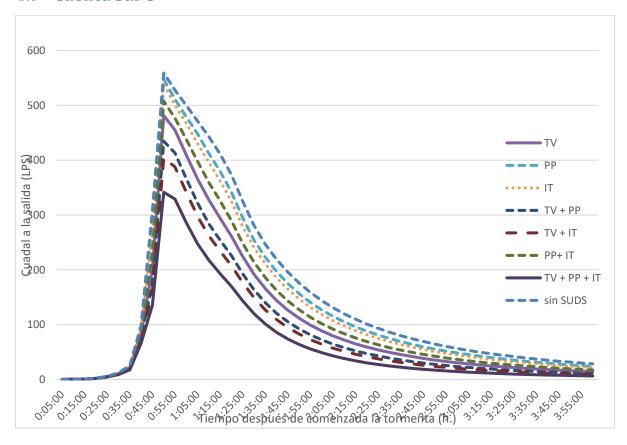


Figura 17 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur 5





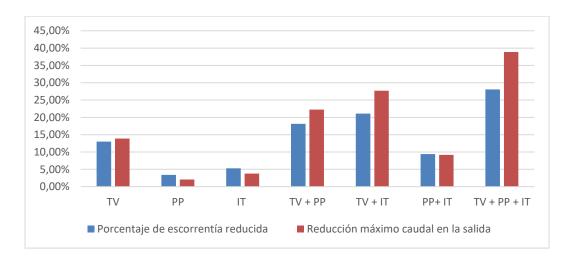


Figura 18 Porcentajes de reducción cuenca sur 5

4.10 Cuenca Sur PTAR

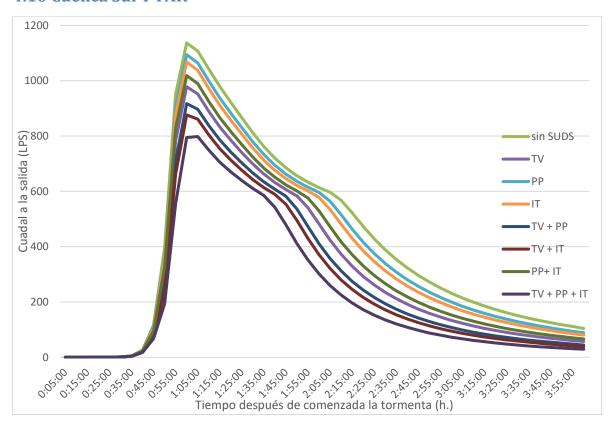


Figura 19 Hidrograma de salida en la salida de la cuenca Sur PTAR





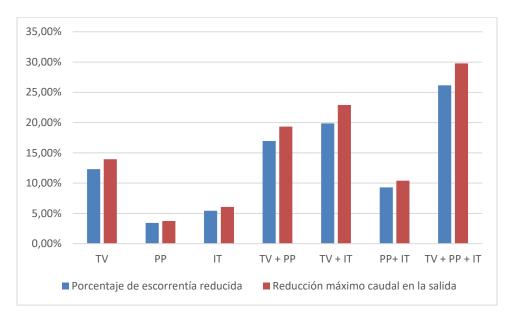


Figura 20 Porcentajes de reducción cuenca sur PTAR





5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Combinando las estructuras SUDS analizadas, un total de 80 escenarios en EPA SWMM fueron analizados (que se anexan al presente proyecto de grado), para inferir el efecto que estos tienen en ciudades del trópico, caracterizadas por tener alta precipitación y urbanismo como Cajicá. En todos los casos, se llegó a una reducción importante del caudal de salida y de la escorrentía generada en la zona. Se logró una reducción del caudal pico que varía del 15% al 48% entre las cuencas analizadas, con la combinación correspondiente a las tres estructuras SUDS. La mayor reducción se provocó en la cuenca noroccidental, la más grande, mientras que la más pequeña se presentó en la cuenca sur 4, una de las cuencas más pequeñas. La reducción de la escorrentía fue menos variable. Este valor, varió del 22% al 35% en algunos casos. La mayor reducción se presentó en cuencas relativamente pequeñas: las cuencas nororientales 1 y 2, con una reducción del 34% cada una, y la cuenca sur 4, con una reducción del 32%. Contrariamente, la cuenca noroccidental (la más grande), que había presentado la mayor reducción a su caudal pico, presentó la menor reducción de escorrentía. Esto significa que para cuencas pequeñas es más considerable la reducción de la escorrentía total que se presenta que la reducción del pico de caudal a la salida de la cuenca.

Se puede observar que los resultados siguen un patrón: la implementación de techos verdes resultó ser mejor en comparación con los pavimentos permeables y las franjas de infiltración, por lo que sería la mejor opción en cuanto a eficiencia. Esto ocurre, entre otras cosas, por la gran área que estos pueden ocupar. Los techos verdes, como se mencionó antes, potencialmente pueden ocupar un área de aproximadamente un tercio de cada una de las cuencas urbanizadas. Mientras tanto, las franjas de infiltración y los pavimentos permeables solo llegan a ocupar el 13 y el 9 por ciento de la zona, respectivamente. Lo anterior se debe a, como se comentó anteriormente, que los pavimentos permeables no pueden instalarse en carreteras de alto tráfico. Paralelamente, las franjas de infiltración sólo pueden ser instaladas en los andenes y preferiblemente los lugares de bajo tráfico (como los pavimentos permeables).

Se debe tener en cuenta, además, las propiedades utilizadas para los diferentes SUDS. Hay que recordar que los techos verdes usados fueron los casos de éxito en el análisis realizado en la fase de Cajicá, en el que estos presentaban reducciones considerables similares a las obtenidas en el presente documento. Estos techos presentan un espesor relativamente grande, ya que corresponde a 152.4 mientras que los valores típicos varían desde 50 milímetros hasta 200. Por otro lado, los parámetros escogidos para las franjas de infiltración y los pavimentos permeables se encuentran dentro de los rangos típicos de estas estructuras.





Un punto muy importante es que en todos los casos se observa una mejor eficiencia conjunta de los SUDS. Es decir, cada SUDS, cuando se combina con otro presenta mejores resultados de reducción de volumen de agua. Contemplando el escenario del pavimento permeable individualmente, se observa que en ninguna cuenca la reducción de escorrentía es más del 7% ni más del 5% de reducción de caudal. Sin embargo, cuando se combina con los techos verdes (considerando que los valores de techos verdes, individualmente, oscilan entre 10%-15%), presenta reducciones del 25%. Así mismo, las demás combinaciones resultan ser más beneficiosas que si simplemente se sumara el porcentaje de reducción individual de cada uno de los SUDS. Cuando se combinan las tres estructuras SUDS, se observa que se alcanzan valores que triplican a los valores obtenidos por los techos verdes individualmente.





6 CONCLUSIONES

En este estudio se modelaron 10 cuencas ubicadas en lo que vendría siendo el terreno de la fase 3 del Plan Maestro de Alcantarillado ((P.M.A) del municipio de Cajicá, lo que corresponde actualmente a zonas rurales de poca urbanización. Se determinó que Cajicá presentaría un crecimiento urbano y poblacional en los próximos años, por lo que es necesario, para el P.M.A, un diseño de la red pluvial que responda satisfactoriamente a una zona totalmente urbanizada con un alto porcentaje de impermeabilidad. Por esto, se propuso un diseño conformado por 4 cuencas en el norte y 6 en el sur de Cajicá, cuyos nodos de descarga se reparten entre el río frío, el río Bogotá y dos plantas de tratamiento ubicadas en el municipio. Propuesto el diseño, se modelaron 7 combinaciones diferentes de 3 tipos de estructuras SUDS: techos verdes, pavimentos permeables y zanjas de infiltración. Se compararon estos modelos entre si y con una situación sin SUDS y se evaluaron sus resultados.

Comparando los 80 modelos realizados se determinó que los niveles de reducción de escorrentía, aplicando simultáneamente las 3 estructuras SUDS ya mencionadas, son capaces de reducir la escorrentía un 25%-35%, y reducir el caudal de descarga de las cuencas un 15-48%.

En este estudio los techos verdes presentaron un mejor rendimiento frente a las demás estructuras SUDS. Este rendimiento se debe principalmente a la gran diferencia de área viable de implementación, que representa una gran ventaja para los techos verdes en ciudades altamente urbanizadas.

En cuanto a responder a la pregunta ¿cuál es la mejor estructura SUDS?, este estudio deja en evidencia que, para ciudades urbanizadas como Cajicá, ubicada en un país tropical (además el más lluvioso del mundo), esta pregunta no puede ser respondida directamente. En primer lugar, la pregunta debería ser formulada como ¿Cuál es la mejor combinación de SUDS?, ya que se ha observado que las estructuras presentan mejor rendimiento cuando se implementan simultáneamente con otras estructuras SUDS. En segundo lugar, en este estudio se observó que los techos verdes presentan mejores reducciones de volúmenes de agua que los pavimentos permeables y las zanjas de infiltración. Sin embargo, el hecho se le atribuye principalmente al área en que estos podían ser implementados. De esta manera, la mejor combinación de SUDS depende de la configuración de la ciudad en que se implemente, ya que esto permitiría mayor o menor facilidad de implementar una u otra. Sin embargo, es cierto que, independiente de la combinación de SUDS que se elija, la reducción de volúmenes de agua que esta puede provocar es considerable y debe ser estudiada por los planeadores urbanos.





7 RECOMENDACIONES

De lo discutido en la sección de conclusiones, al determinar que estructura SUDS es viable para una ciudad determinada, se recomienda observar cada caso individualmente ya que las condiciones de cada ciudad pueden ser diferentes.

Al modelar con EPA SWMM no se usó ningún parámetro de sensibilidad en el presente estudio, por lo que la confianza del software queda bajo el juicio del usuario de los modelos realizados o lector del documento.

Al usar EPA SWMM, se recomienda optar por un editor global como Excel a la hora de modificar los datos.





8 BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, A. (2019). SUD Sostenible. Obtenido de Origen de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: http://sudsostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/origen-de-los-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/
- Bentley Communities. (2017). Hidrology and hydraulic products. Advancing Water Infrastructure.
- Bonilla, L. (2019). EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE EN LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN URBANA. Proyecto de Grado, Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. CIACUA, Bogotá.
- Chaeyoung Bae, D. K. (2020). Effects of low-impact development practices for flood events at the. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Chaeyoung Bae, D. K. (2020). Effects of low-impact development practices for flood events at the catchment scale in a highly developed urban area. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- El Espectador. (2 de Febrero de 2020). Inundaciones en Bogotá: cinco localidades afectadas. *El Espectador*.
- Empresa de Servicios Públicos de Cajicá S.A. E.S.P. & INGEQMA. (2018). ESTUDIOS Y DISEÑOS PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO ETAPA II, MUNICIPIO DE CAJICÁ. Cajicá.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). *Climate Information Tool*. Obtenido de Average precipitation in depth (mm per year).
- Groncol. (2020). Techos verdes. Obtenido de BTS: http://groncol.com/proyectos-todos/page/3/
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). *CURVAS IDF*. Obtenido de CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA –IDF.
- Instituto Distrital de Recreación y Deporte. (2017). *Parque Simón Bolívar*. Obtenido de https://www.idrd.gov.co/parque-metropolitano-simon-bolivar
- Jae-Yeol Song, E.-S. C. (2 de Febrero de 2018). Decision Support System for the Design and Planning of Low-Impact Development Practices: The Case of Seoul. *Water journal*, 16.
- Maochuan Hu, T. S. (2017). Evaluation of low impact development approach for mitigating flood inundation at a watershed scale in China. *Journal of Environmental Management*, 430-438.





- McGrane, S. J. (2016). Impacts of urbanisation on hydrological and water. *Hydrological Sciences journal*.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS 2000*. BOGOTA D.C., República de Colombia.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2020). *Freshwater*. Obtenido de Water cycle.
- Richter, M. (2016). Precipitation in the tropics. En M. K. L. Pancel, *Tropical Forestry Handbook* (págs. 363-390). Berlin.
- Roberto Pizarro Tapia, J. P. (2004). *Monografías ZANJAS DE INFILTRACION*. Monografía, Universidad de Talca, Talca, Chile.
- Ruby, E. (s.f.). How Urbanization Affects the Water Cycle. California.
- S. Tang, W. L. (2016). Evaluating Retention Capacity of Infiltration Rain Gardens and Their Potential Effect on Urban Stormwater Management in the Sub-Humid Loess Region of China. *Water Resour Manage*, 983-1000.
- Sara Perales-Momparler, C. H.-C.-M.-D. (17 de Septiembre de 2013). SuDS Efficiency during the Start-Up Period under Mediterranean Climatic Conditions. *Clean Soil Air Water*, 178-186.
- Shouhong Zhang, Y. G. (Septiembre de 2014). SWMM Simulation of the Storm Water Volume Control Performance of Permeable Pavement Systems. *Journal of Hydrologic Engineering*, 06014010-1 06014010-5.
- The World Bank Group. (2019). *THE WORLD BANK*. Obtenido de Average precipitation in depth (mm per year): https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.PRCP.MM?end=2014&start=1962
- United States Environmental Protection Agency. (2015). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. Estados Unidos.
- Wenyu Yang, K. B. (7 de Enero de 2020). Measuring performance of low impact development practices for the surface runoff management. *Environmental Science and Ecotechnology*.
- Wu, I. (1975). Design on Drip Irrigation Main Lines. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE*.
- Zheng Peng, K. J. (2018). Effects of Low-Impact Development on Urban Rainfall Runoff under Different Rainfall Characteristics. *Journal of Environmental Studies*, 771-783.









9 ANEXOS

9.1 Cuenca Noroccidental

Tabla 12 Diseño de las tuberías de la cuenca Noroccidental

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	-
C10	n889	n890	1.40	2570.80	2570.50	19.00	19.20	3.98	0.0029
C16	n906	n889	1.35	2571.47	2570.80	18.60	19.00	3.66	0.0026
C19	n905	n906	0.20	2588.43	2576.67	2.10	13.40	0.09	0.2071
C22	n900	n899	0.25	2590.00	2576.71	1.50	13.20	0.13	0.2515
C24	n899	n906	1.35	2571.71	2571.47	18.20	18.60	3.54	0.0029
C25	n888	n899	1.35	2571.94	2571.71	17.00	18.20	3.39	0.0024
C26	n864	n888	1.35	2572.21	2571.94	15.50	17.00	3.34	0.0025
C29	n867	n866	1.05	2573.06	2572.61	17.40	17.40	2.20	0.0040
C34	n859	n860	1.05	2576.95	2576.82	8.50	8.50	0.85	0.0010
C36	n857	n859	1.05	2576.99	2576.95	8.40	8.50	0.81	0.0013
C37	n850	n857	0.70	2577.33	2576.99	7.20	8.40	0.79	0.0041
C45	n854	n852	0.20	2583.74	2583.56	1.40	1.50	0.01	0.0041
C46	n849	n850	0.70	2577.45	2577.33	6.90	7.20	0.73	0.0037
C47	n845	n849	0.70	2577.70	2577.45	6.60	6.90	0.72	0.0035
C51	n843	n845	0.70	2577.94	2577.70	6.30	6.60	0.71	0.0049
C52	n844	n843	0.30	2584.25	2582.74	1.50	1.50	0.11	0.0148
C55	n838	n840	0.70	2578.40	2578.26	5.60	5.80	0.56	0.0039
C56	n839	n838	0.20	2583.36	2582.60	1.40	1.40	0.03	0.0075
C59	n831	n836	0.70	2578.83	2578.63	4.70	5.10	0.49	0.0020
C89	n918	n917	0.20	2582.27	2582.04	1.40	1.50	0.01	0.0037
C90	n926	n917	0.30	2582.34	2582.04	1.40	1.50	0.07	0.0040
C93	n928	n926	0.20	2582.70	2582.34	1.40	1.40	0.02	0.0035
C105	n954	n952	1.05	2580.47	2578.31	8.00	10.40	0.96	0.0414
C106	n952	n868	1.05	2578.31	2578.21	10.40	11.60	1.07	0.0011
C107	n868	n867	1.05	2573.91	2573.06	15.90	17.40	2.14	0.0034
C118	n875	n874	1.05	2574.40	2574.33	16.90	16.70	0.82	0.0007
C119	n874	n873	1.05	2574.33	2574.17	16.70	16.70	0.85	0.0013





C120	n873	n871	1.05	2574.17	2574.11	16.70	16.60	0.89	0.0008
C121	n871	n870	1.05	2574.11	2574.00	16.60	16.20	0.93	0.0018
C122	n870	n868	1.05	2574.00	2573.91	16.20	15.90	0.95	0.0008
C125	n949	n950	0.30	2584.62	2575.10	2.50	13.20	0.13	0.1304
C126	n948	n949	0.30	2585.01	2584.62	1.90	2.50	0.09	0.0064
C138	n2048	n917	0.45	2580.02	2579.74	4.00	3.80	0.13	0.0021
C139	n2047	n2048	0.40	2580.14	2580.02	3.70	4.00	0.08	0.0014
C308	N4	N6	0.70	2584.40	2584.10	2.50	2.70	0.28	0.0013
C309	N5	N4	0.60	2584.60	2584.40	2.40	2.50	0.20	0.0013
C412	N14	N5	0.50	2585.10	2584.60	1.70	2.40	0.12	0.0016
C1024	N8	N9	0.80	2583.70	2583.60	2.50	2.50	0.48	0.0011
C1025	N9	N10	0.80	2583.60	2583.40	2.50	2.30	0.50	0.0014
C1026	N10	N16	0.80	2583.40	2583.10	2.30	2.50	0.63	0.0016
C1027	N16	N19	0.80	2583.10	2582.90	2.50	2.60	0.68	0.0019
C1028	N19	N20	0.80	2582.90	2582.60	2.60	2.50	0.73	0.0018
C1029	N11	N10	0.38	2584.20	2584.00	1.60	1.70	0.07	0.0017
C1032	N23	N22	0.35	2585.30	2584.90	1.60	1.80	0.06	0.0012
C1033	N22	N6	0.40	2584.90	2584.60	1.80	2.20	0.11	0.0020
C1035	n938	N20	0.20	2584.14	2583.70	1.40	1.40	0.03	0.0101
C1037	n898	N24	1.50	2569.49	2569.30	19.90	19.90	4.18	0.0023
C1045	N31	N35	0.40	2600.40	2599.37	1.60	2.20	0.20	0.0061
C1052	N37	n877	1.05	2574.80	2574.61	15.70	18.30	0.23	0.0013
C1065	n890	n892	1.40	2570.50	2570.00	19.20	19.60	4.08	0.0030
C1066	n835	n831	0.25	2583.69	2582.03	1.50	1.50	0.08	0.0268
C60	N20	n931	0.80	2582.60	2582.28	2.50	2.20	0.83	0.0022
C61	n826	n827	0.70	2579.23	2579.02	3.20	4.00	0.31	0.0014
C76	n944	n938	0.20	2584.74	2584.14	1.40	1.40	0.01	0.0056
C80	n946	n948	0.20	2585.29	2585.01	1.40	1.90	0.02	0.0033
C124	n907	n910	1.05	2583.00	2574.97	19.90	19.90	0.12	0.0534
C131	n892	n898	1.40	2570.00	2569.49	19.60	19.90	4.17	0.0032
C133	n829	n831	0.70	2578.92	2578.83	4.40	4.70	0.39	0.0011
C134	n827	n829	0.70	2579.02	2578.92	4.00	4.40	0.33	0.0011
C135	n840	n843	0.70	2578.26	2577.94	5.80	6.30	0.59	0.0024
C145	n885	N35	0.20	2604.50	2600.17	1.40	1.40	0.04	0.0236
C1	n2049	n2045	0.20	2580.89	2580.45	1.40	2.20	0.02	0.0026
C3	n913	n826	0.70	2579.40	2579.23	3.40	3.20	0.30	0.0015
C4	n2045	n2047	0.30	2580.45	2580.14	2.20	3.70	0.04	0.0018
C5	N6	N8	0.70	2584.10	2583.70	2.70	2.50	0.46	0.0015





C7	N33	N7	0.38	2601.30	2600.90	1.60	1.60	0.09	0.0021
C9	N7	N31	0.40	2600.90	2600.40	1.60	1.60	0.16	0.0040
C11	N35	N1	0.40	2599.37	2598.10	2.20	2.00	0.32	0.0144
C12	N1	N3	0.40	2598.10	2593.70	2.00	1.60	0.35	0.0316
C31	n950	N37	1.05	2575.10	2574.80	13.20	15.70	0.19	0.0020
C32	n933	n954	0.80	2581.71	2580.47	4.70	8.00	0.96	0.0028
C33	n917	n913	0.70	2579.74	2579.40	3.80	3.40	0.24	0.0013
C35	n931	n933	0.80	2582.28	2581.71	2.20	4.70	0.92	0.0029
C38	n836	n838	0.70	2578.63	2578.40	5.10	5.60	0.52	0.0022
C39	n852	n850	0.20	2583.56	2583.13	1.50	1.40	0.02	0.0041
C40	n860	n864	1.05	2576.82	2576.61	8.50	11.10	0.92	0.0007
C41	n866	n864	1.20	2572.61	2572.21	17.40	15.50	2.36	0.0024
C42	n902	n900	0.25	2593.73	2590.00	1.50	1.50	0.08	0.0236
C43	n903	n905	0.20	2592.96	2588.43	1.40	2.10	0.08	0.0295
C44	n910	n889	1.05	2574.97	2574.60	19.90	15.20	0.16	0.0016
C48	N3	n877	0.45	2593.70	2591.21	1.60	1.70	0.40	0.0160
C49	n877	n875	1.05	2574.61	2574.40	18.30	16.90	0.70	0.0010
C50	N24	N12	1.50	2569.30	2569.10	19.90	19.90	4.33	0.0025
C53	N12	S10	1.35	2569.10	2568.90	10.00	19.90	4.38	0.0047
CJS	INIZ	310	1.33	2303.10	2506.90	19.90	19.90	4.50	0.0047
Tubería	Longitud	Relación de Ilenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
		Relación de							
	Longitud	Relación de	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	
Tubería -	Longitud m	Relación de Ilenado	yn m	Theta rad	Radio m	Área m2	Velocidad m/s	tao Kpa	Froude -
Tubería - C10	Longitud m 102.984	Relación de llenado - 0.741	yn m 1.04	Theta rad 4.15	Radio m 0.42	Área m2 1.22	Velocidad m/s 3.25	tao Kpa 12.04	Froude - 1.0410
Tubería - C10 C16	Longitud m 102.984 262.402	Relación de Ilenado - 0.741 0.796	yn m 1.04 1.08	Theta rad 4.15 4.41	m 0.42 0.41	Área m2 1.22 1.22	Velocidad m/s 3.25 2.99	Kpa 12.04 10.33	- 1.0410 0.9002
- C10 C16 C19	Longitud m 102.984 262.402 57.988	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403	yn m 1.04 1.08 0.08	Theta rad 4.15 4.41 2.75	m 0.42 0.41 0.04	Área m2 1.22 1.22 0.01	Velocidad m/s 3.25 2.99 7.78	tao Kpa 12.04 10.33 87.44	Froude - 1.0410 0.9002 10.1177
Tubería	Longitud m 102.984 262.402 57.988 54.488	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328	yn m 1.04 1.08 0.08 0.08	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01	Velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46	Froude - 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777
Tubería	m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12	w/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56	Froude - 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513
Tubería - C10 C16 C19 C22 C24 C25	Longitud m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006 96.136	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728 0.765	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98 1.03	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09 4.26	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40 0.41	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12 1.17	velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17 2.88	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56 9.67	Froude - 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513 0.9095
Tubería - C10 C16 C19 C22 C24 C25 C26	Longitud m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006 96.136 105.574	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728 0.765 0.740	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98 1.03 1.00	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09 4.26 4.14	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40 0.41 0.41	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12 1.17 1.14	Velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17 2.88 2.94	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56 9.67 10.04	- 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513 0.9095 0.9588
Tubería - C10 C16 C19 C22 C24 C25 C26 C29	Longitud m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006 96.136 105.574 115.506	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728 0.765 0.740 0.740	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98 1.03 1.00 0.78	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09 4.26 4.14 4.14	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40 0.41 0.41 0.32	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12 1.17 1.14 0.69	Velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17 2.88 2.94 3.21	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56 9.67 10.04 12.26	Froude - 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513 0.9095 0.9588 1.1863
Tubería - C10 C16 C19 C22 C24 C25 C26 C29 C34	Longitud m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006 96.136 105.574 115.506 126.533	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728 0.765 0.740 0.631	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98 1.03 1.00 0.78 0.66	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09 4.26 4.14 4.14 3.67	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40 0.41 0.41 0.32 0.30	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12 1.17 1.14 0.69 0.58	velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17 2.88 2.94 3.21 1.48	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56 9.67 10.04 12.26 2.99	Froude - 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513 0.9095 0.9588 1.1863 0.6285
Tubería - C10 C16 C19 C22 C24 C25 C26 C29 C34 C36	Longitud m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006 96.136 105.574 115.506 126.533 35.506	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728 0.765 0.740 0.740 0.631 0.559	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98 1.03 1.00 0.78 0.66 0.59	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09 4.26 4.14 4.14 3.67 3.38	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40 0.41 0.41 0.32 0.30 0.28	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12 1.17 1.14 0.69 0.58 0.50	Velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17 2.88 2.94 3.21 1.48 1.63	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56 9.67 10.04 12.26 2.99 3.57	Froude - 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513 0.9095 0.9588 1.1863 0.6285 0.7513
Tubería - C10 C16 C19 C22 C24 C25 C26 C29 C34 C36 C37	m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006 96.136 105.574 115.506 126.533 35.506 82.678	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728 0.765 0.740 0.631 0.559 0.758	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98 1.03 1.00 0.78 0.66 0.59 0.53	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09 4.26 4.14 3.67 3.38 4.22	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40 0.41 0.41 0.32 0.30 0.28 0.21	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12 1.17 1.14 0.69 0.58 0.50 0.31	velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17 2.88 2.94 3.21 1.48 1.63 2.53	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56 9.67 10.04 12.26 2.99 3.57 8.41	- 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513 0.9095 0.9588 1.1863 0.6285 0.7513 1.1168
Tubería - C10 C16 C19 C22 C24 C25 C26 C29 C34 C36 C37 C45	Longitud m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006 96.136 105.574 115.506 126.533 35.506 82.678 44.739	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728 0.765 0.740 0.740 0.631 0.559 0.758 0.392	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98 1.03 1.00 0.78 0.66 0.59 0.53 0.08	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09 4.26 4.14 4.14 3.67 3.38 4.22 2.70	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40 0.41 0.32 0.30 0.28 0.21 0.04	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12 1.17 1.14 0.69 0.58 0.50 0.31 0.01	Velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17 2.88 2.94 3.21 1.48 1.63 2.53 0.89	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56 9.67 10.04 12.26 2.99 3.57 8.41 1.70	Froude - 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513 0.9095 0.9588 1.1863 0.6285 0.7513 1.1168 1.1807
Tubería - C10 C16 C19 C22 C24 C25 C26 C29 C34 C36 C37 C45 C46	m 102.984 262.402 57.988 54.488 81.006 96.136 105.574 115.506 126.533 35.506 82.678 44.739 33.463	Relación de llenado - 0.741 0.796 0.403 0.328 0.728 0.765 0.740 0.631 0.559 0.758 0.392 0.744	yn 1.04 1.08 0.08 0.08 0.98 1.03 1.00 0.78 0.66 0.59 0.53 0.08 0.52	Theta rad 4.15 4.41 2.75 2.44 4.09 4.26 4.14 3.67 3.38 4.22 2.70 4.16	Radio m 0.42 0.41 0.04 0.05 0.40 0.41 0.41 0.32 0.30 0.28 0.21 0.04 0.21	Área m2 1.22 1.22 0.01 0.01 1.12 1.17 1.14 0.69 0.58 0.50 0.31 0.01 0.31	Velocidad m/s 3.25 2.99 7.78 9.02 3.17 2.88 2.94 3.21 1.48 1.63 2.53 0.89 2.39	tao Kpa 12.04 10.33 87.44 113.46 11.56 9.67 10.04 12.26 2.99 3.57 8.41 1.70 7.60	- 1.0410 0.9002 10.1177 11.7777 1.0513 0.9095 0.9588 1.1863 0.6285 0.7513 1.1168 1.1807 1.0761





C55	36.170	0.596	0.42	3.53	0.19	0.24	2.34	7.41	1.2652
C56	100.801	0.650	0.13	3.75	0.06	0.02	1.53	4.23	1.4513
C59	99.927	0.714	0.50	4.02	0.21	0.29	1.68	3.99	0.7882
C89	61.581	0.343	0.07	2.50	0.04	0.01	0.79	1.38	1.1218
C90	75.268	0.644	0.19	3.72	0.09	0.05	1.41	3.38	1.0997
C93	103.753	0.580	0.12	3.46	0.05	0.02	0.97	1.86	0.9965
C105	52.440	0.221	0.23	1.96	0.14	0.14	6.79	56.07	5.3737
C106	83.957	0.726	0.76	4.08	0.31	0.67	1.59	3.38	0.6008
C107	253.292	0.780	0.82	4.33	0.32	0.72	2.95	10.48	1.0315
C118	102.721	0.692	0.73	3.93	0.31	0.64	1.28	2.25	0.5017
C119	115.767	0.575	0.60	3.44	0.28	0.51	1.65	3.67	0.7496
C120	79.308	0.737	0.77	4.13	0.32	0.68	1.31	2.34	0.4849
C121	64.835	0.541	0.57	3.31	0.28	0.48	1.94	4.96	0.9167
C122	101.555	0.751	0.79	4.19	0.32	0.70	1.36	2.51	0.4943
C125	73.624	0.314	0.09	2.38	0.05	0.02	6.93	68.03	8.4744
C126	61.068	0.679	0.20	3.87	0.09	0.05	1.85	5.52	1.3830
C138	129.437	0.616	0.28	3.61	0.13	0.10	1.28	2.63	0.8408
C139	82.843	0.639	0.26	3.71	0.11	0.08	0.97	1.63	0.6595
C308	234.925	0.567	0.40	3.41	0.19	0.23	1.25	2.36	0.7014
C309	154.527	0.582	0.35	3.47	0.16	0.17	1.15	2.08	0.6847
C412	320.149	0.545	0.27	3.32	0.13	0.11	1.11	2.02	0.7551
C1024	92.064	0.685	0.55	3.90	0.24	0.37	1.32	2.51	0.5995
C1025	140.581	0.630	0.50	3.67	0.23	0.33	1.50	3.18	0.7268
C1026	186.873	0.708	0.57	4.00	0.24	0.38	1.64	3.75	0.7256
C1027	0.701	0.701	0.56	3.97	0.24	0.38	1.80	4.44	0.8034
C1028	162.082	0.755	0.60	4.21	0.24	0.41	1.79	4.37	0.7439
C1029	116.487	0.605	0.23	3.57	0.11	0.07	1.01	1.79	0.7360
C1032	332.216	0.696	0.24	3.95	0.10	0.07	0.82	1.22	0.5563
C1033	149.023	0.671	0.27	3.84	0.12	0.09	1.18	2.31	0.7701
C1035	44.071	0.507	0.10	3.17	0.05	0.02	1.65	4.98	1.8632
C1037	79.740	0.736	0.28	4.12	0.45	1.39	3.00	10.26	0.9333
C1045	167.833	0.684	0.27	3.90	0.12	0.09	2.18	7.06	1.3989
C1052	152.057	0.277	0.29	2.22	0.17	0.20	1.16	2.11	0.8148
C1065	166.465	0.747	1.05	4.17	0.42	1.23	3.31	12.44	1.0511
C1066	61.973	0.487	0.12	3.09	0.06	0.02	3.21	16.15	3.3300
C60	148.844	0.783	0.63	4.35	0.24	0.42	1.97	5.19	0.7846
C61	146.663	0.581	0.41	3.47	0.19	0.23	1.33	2.64	0.7326
C76	105.978	0.367	0.07	2.60	0.04	0.01	1.03	2.22	1.4112





C124 0.053 0.075 0.08 1.11 0.05 0.03 4.15 26.66 5.7189 C131 161.604 0.740 1.04 4.14 0.42 1.22 3.42 13.17 1.0933 C133 79.245 0.749 0.52 4.18 0.21 0.31 1.27 2.38 0.5680 C134 96.891 0.684 0.48 3.89 0.21 0.28 1.19 2.12 0.5793 C135 134.215 0.752 0.53 4.20 0.21 0.31 1.89 4.94 0.8428 C145 183.398 0.507 0.10 3.17 0.05 0.02 2.64 11.68 2.9788 C1 165.186 0.682 0.14 3.89 0.06 0.02 0.87 1.52 0.7937 C3 116.158 0.550 0.39 3.34 0.19 0.22 1.36 2.76 0.7773 C4 175.949 0.557	C80	85.318	0.600	0.12	3.55	0.06	0.02	0.95	1.79	0.9562
C133 79.245 0.749 0.52 4.18 0.21 0.31 1.27 2.38 0.5680 C134 96.891 0.684 0.48 3.89 0.21 0.28 1.19 2.12 0.5793 C135 134.215 0.752 0.53 4.20 0.21 0.31 1.89 4.94 0.8428 C14 183.398 0.507 0.10 3.17 0.05 0.02 2.64 11.68 2.9788 C1 165.186 0.682 0.14 3.89 0.06 0.02 0.87 1.52 0.7937 C3 116.158 0.550 0.39 3.34 0.19 0.22 1.36 2.76 0.7773 C4 175.949 0.557 0.17 3.37 0.08 0.04 0.87 1.41 0.7504 C5 261.349 0.751 0.53 4.19 0.21 0.31 1.49 3.17 0.6626 C7 186.588 0.651 0.25<	C124	0.053	0.075	0.08	1.11	0.05	0.03	4.15	26.66	5.7189
C134 96.891 0.684 0.48 3.89 0.21 0.28 1.19 2.12 0.5793 C135 134.215 0.752 0.53 4.20 0.21 0.31 1.89 4.94 0.8428 C145 183.398 0.507 0.10 3.17 0.05 0.02 2.64 11.68 2.9788 C1 165.186 0.682 0.14 3.89 0.06 0.02 0.87 1.52 0.7937 C3 116.158 0.550 0.39 3.34 0.19 0.22 1.36 2.76 0.7773 C4 175.949 0.557 0.17 3.37 0.08 0.04 0.87 1.41 0.7504 C5 261.349 0.751 0.53 4.19 0.21 0.31 1.49 3.17 0.6626 C7 186.588 0.651 0.25 3.75 0.11 0.08 1.17 2.30 0.8047 C9 124.951 0.690 0.28<	C131	161.604	0.740	1.04	4.14	0.42	1.22	3.42	13.17	1.0933
C135 134.215 0.752 0.53 4.20 0.21 0.31 1.89 4.94 0.8428 C145 183.398 0.507 0.10 3.17 0.05 0.02 2.64 11.68 2.9788 C1 165.186 0.682 0.14 3.89 0.06 0.02 0.87 1.52 0.7937 C3 116.158 0.550 0.39 3.34 0.19 0.22 1.36 2.76 0.7773 C4 175.949 0.557 0.17 3.37 0.08 0.04 0.87 1.41 0.7504 C5 261.349 0.751 0.53 4.19 0.21 0.31 1.49 3.17 0.6626 C7 186.588 0.651 0.25 3.75 0.11 0.08 1.17 2.30 0.8047 C9 124.951 0.690 0.28 3.92 0.12 0.09 1.73 4.63 1.1033 C11 88.711 0.686 0.27 </td <td>C133</td> <td>79.245</td> <td>0.749</td> <td>0.52</td> <td>4.18</td> <td>0.21</td> <td>0.31</td> <td>1.27</td> <td>2.38</td> <td>0.5680</td>	C133	79.245	0.749	0.52	4.18	0.21	0.31	1.27	2.38	0.5680
C145 183.398 0.507 0.10 3.17 0.05 0.02 2.64 11.68 2.9788 C1 165.186 0.682 0.14 3.89 0.06 0.02 0.87 1.52 0.7937 C3 116.158 0.550 0.39 3.34 0.19 0.22 1.36 2.76 0.7773 C4 175.949 0.557 0.17 3.37 0.08 0.04 0.87 1.41 0.7504 C5 261.349 0.751 0.53 4.19 0.21 0.31 1.49 3.17 0.6626 C7 186.588 0.651 0.25 3.75 0.11 0.08 1.17 2.30 0.8047 C9 124.951 0.690 0.28 3.92 0.12 0.09 1.73 4.63 1.1033 C11 38.711 0.686 0.27 3.90 0.12 0.09 3.76 4.63 16.57 2.232 C12 139.209 0.549 <td>C134</td> <td>96.891</td> <td>0.684</td> <td>0.48</td> <td>3.89</td> <td>0.21</td> <td>0.28</td> <td>1.19</td> <td>2.12</td> <td>0.5793</td>	C134	96.891	0.684	0.48	3.89	0.21	0.28	1.19	2.12	0.5793
C1 165.186 0.682 0.14 3.89 0.06 0.02 0.87 1.52 0.7937 C3 116.158 0.550 0.39 3.34 0.19 0.22 1.36 2.76 0.7773 C4 175.949 0.557 0.17 3.37 0.08 0.04 0.87 1.41 0.7504 C5 261.349 0.751 0.53 4.19 0.21 0.31 1.49 3.17 0.6626 C7 186.588 0.651 0.25 3.75 0.11 0.08 1.17 2.30 0.8047 C9 124.951 0.690 0.28 3.92 0.12 0.09 1.73 4.63 1.1033 C11 88.711 0.686 0.27 3.90 0.12 0.09 3.46 16.57 2.2232 C12 139.209 0.549 0.22 3.34 0.11 0.07 4.97 32.83 3.7672 C31 151.832 0.222 0.23 <td>C135</td> <td>134.215</td> <td>0.752</td> <td>0.53</td> <td>4.20</td> <td>0.21</td> <td>0.31</td> <td>1.89</td> <td>4.94</td> <td>0.8428</td>	C135	134.215	0.752	0.53	4.20	0.21	0.31	1.89	4.94	0.8428
C3 116.158 0.550 0.39 3.34 0.19 0.22 1.36 2.76 0.7773 C4 175.949 0.557 0.17 3.37 0.08 0.04 0.87 1.41 0.7504 C5 261.349 0.751 0.53 4.19 0.21 0.31 1.49 3.17 0.6626 C7 186.588 0.651 0.25 3.75 0.11 0.08 1.17 2.30 0.8047 C9 124.951 0.690 0.28 3.92 0.12 0.09 1.73 4.63 1.1033 C11 88.711 0.686 0.27 3.90 0.12 0.09 3.46 16.57 2.2232 C12 139.209 0.549 0.22 3.34 0.11 0.07 4.97 32.83 3.7672 C31 151.832 0.222 0.23 1.96 0.14 0.14 1.30 2.69 1.0289 C32 436.439 0.783 0.63 </td <td>C145</td> <td>183.398</td> <td>0.507</td> <td>0.10</td> <td>3.17</td> <td>0.05</td> <td>0.02</td> <td>2.64</td> <td>11.68</td> <td>2.9788</td>	C145	183.398	0.507	0.10	3.17	0.05	0.02	2.64	11.68	2.9788
C4 175.949 0.557 0.17 3.37 0.08 0.04 0.87 1.41 0.7504 C5 261.349 0.751 0.53 4.19 0.21 0.31 1.49 3.17 0.6626 C7 186.588 0.651 0.25 3.75 0.11 0.08 1.17 2.30 0.8047 C9 124.951 0.690 0.28 3.92 0.12 0.09 1.73 4.63 1.1033 C11 88.711 0.686 0.27 3.90 0.12 0.09 3.46 16.57 2.2232 C12 139.209 0.549 0.22 3.34 0.11 0.07 4.97 32.83 3.7672 C31 151.832 0.222 0.23 1.96 0.14 0.14 1.30 2.69 1.0289 C32 436.439 0.783 0.63 4.34 0.24 0.42 2.27 6.74 0.9053 C33 253.964 0.504 0.35<	C1	165.186	0.682	0.14	3.89	0.06	0.02	0.87	1.52	0.7937
C5 261.349 0.751 0.53 4.19 0.21 0.31 1.49 3.17 0.6626 C7 186.588 0.651 0.25 3.75 0.11 0.08 1.17 2.30 0.8047 C9 124.951 0.690 0.28 3.92 0.12 0.09 1.73 4.63 1.1033 C11 88.711 0.686 0.27 3.90 0.12 0.09 3.46 16.57 2.2232 C12 139.209 0.549 0.22 3.34 0.11 0.07 4.97 32.83 3.7672 C31 151.832 0.222 0.23 1.96 0.14 0.14 1.30 2.69 1.0289 C32 436.439 0.783 0.63 4.34 0.24 0.42 2.27 6.74 0.9053 C33 253.964 0.504 0.35 3.16 0.18 0.19 1.23 2.30 0.7427 C35 195.005 0.741 0.59	C3	116.158	0.550	0.39	3.34	0.19	0.22	1.36	2.76	0.7773
C7 186.588 0.651 0.25 3.75 0.11 0.08 1.17 2.30 0.8047 C9 124.951 0.690 0.28 3.92 0.12 0.09 1.73 4.63 1.1033 C11 88.711 0.686 0.27 3.90 0.12 0.09 3.46 16.57 2.2232 C12 139.209 0.549 0.22 3.34 0.11 0.07 4.97 32.83 3.7672 C31 151.832 0.222 0.23 1.96 0.14 0.14 1.30 2.69 1.0289 C32 436.439 0.783 0.63 4.34 0.24 0.42 2.27 6.74 0.9053 C33 253.964 0.504 0.35 3.16 0.18 0.19 1.23 2.30 0.7427 C35 195.005 0.741 0.59 4.15 0.24 0.40 2.30 6.91 0.9720 C38 105.061 0.698 0.4	C4	175.949	0.557	0.17	3.37	0.08	0.04	0.87	1.41	0.7504
C9 124.951 0.690 0.28 3.92 0.12 0.09 1.73 4.63 1.1033 C11 88.711 0.686 0.27 3.90 0.12 0.09 3.46 16.57 2.2232 C12 139.209 0.549 0.22 3.34 0.11 0.07 4.97 32.83 3.7672 C31 151.832 0.222 0.23 1.96 0.14 0.14 1.30 2.69 1.0289 C32 436.439 0.783 0.63 4.34 0.24 0.42 2.27 6.74 0.9053 C33 253.964 0.504 0.35 3.16 0.18 0.19 1.23 2.30 0.7427 C35 195.005 0.741 0.59 4.15 0.24 0.40 2.30 6.91 0.9720 C38 105.061 0.698 0.49 3.96 0.21 0.29 1.80 4.51 0.8582 C39 104.309 0.540 0.	C5	261.349	0.751	0.53	4.19	0.21	0.31	1.49	3.17	0.6626
C11 88.711 0.686 0.27 3.90 0.12 0.09 3.46 16.57 2.2232 C12 139.209 0.549 0.22 3.34 0.11 0.07 4.97 32.83 3.7672 C31 151.832 0.222 0.23 1.96 0.14 0.14 1.30 2.69 1.0289 C32 436.439 0.783 0.63 4.34 0.24 0.42 2.27 6.74 0.9053 C33 253.964 0.504 0.35 3.16 0.18 0.19 1.23 2.30 0.7427 C35 195.005 0.741 0.59 4.15 0.24 0.40 2.30 6.91 0.9720 C38 105.061 0.698 0.49 3.96 0.21 0.29 1.80 4.51 0.8582 C39 104.309 0.540 0.11 3.30 0.05 0.02 1.03 2.12 1.1193 C40 315.673 0.803 0	C7	186.588	0.651	0.25	3.75	0.11	0.08	1.17	2.30	0.8047
C12 139.209 0.549 0.22 3.34 0.11 0.07 4.97 32.83 3.7672 C31 151.832 0.222 0.23 1.96 0.14 0.14 1.30 2.69 1.0289 C32 436.439 0.783 0.63 4.34 0.24 0.42 2.27 6.74 0.9053 C33 253.964 0.504 0.35 3.16 0.18 0.19 1.23 2.30 0.7427 C35 195.005 0.741 0.59 4.15 0.24 0.40 2.30 6.91 0.9720 C38 105.061 0.698 0.49 3.96 0.21 0.29 1.80 4.51 0.8582 C39 104.309 0.540 0.11 3.30 0.05 0.02 1.03 2.12 1.1193 C40 315.673 0.803 0.84 4.44 0.32 0.75 1.23 2.09 0.4157 C41 169.668 0.738 0	C9	124.951	0.690	0.28	3.92	0.12	0.09	1.73	4.63	1.1033
C31 151.832 0.222 0.23 1.96 0.14 0.14 1.30 2.69 1.0289 C32 436.439 0.783 0.63 4.34 0.24 0.42 2.27 6.74 0.9053 C33 253.964 0.504 0.35 3.16 0.18 0.19 1.23 2.30 0.7427 C35 195.005 0.741 0.59 4.15 0.24 0.40 2.30 6.91 0.9720 C38 105.061 0.698 0.49 3.96 0.21 0.29 1.80 4.51 0.8582 C39 104.309 0.540 0.11 3.30 0.05 0.02 1.03 2.12 1.1193 C40 315.673 0.803 0.84 4.44 0.32 0.75 1.23 2.09 0.4157 C41 169.668 0.738 0.89 4.13 0.36 0.89 2.64 8.35 0.9135 C42 157.863 0.529 0.	C11	88.711	0.686	0.27	3.90	0.12	0.09	3.46	16.57	2.2232
C32 436.439 0.783 0.63 4.34 0.24 0.42 2.27 6.74 0.9053 C33 253.964 0.504 0.35 3.16 0.18 0.19 1.23 2.30 0.7427 C35 195.005 0.741 0.59 4.15 0.24 0.40 2.30 6.91 0.9720 C38 105.061 0.698 0.49 3.96 0.21 0.29 1.80 4.51 0.8582 C39 104.309 0.540 0.11 3.30 0.05 0.02 1.03 2.12 1.1193 C40 315.673 0.803 0.84 4.44 0.32 0.75 1.23 2.09 0.4157 C41 169.668 0.738 0.89 4.13 0.36 0.89 2.64 8.35 0.9135 C42 157.863 0.529 0.13 3.26 0.06 0.03 3.10 14.99 3.0441 C43 153.468 0.697 0	C12	139.209	0.549	0.22	3.34	0.11	0.07	4.97	32.83	3.7672
C33 253.964 0.504 0.35 3.16 0.18 0.19 1.23 2.30 0.7427 C35 195.005 0.741 0.59 4.15 0.24 0.40 2.30 6.91 0.9720 C38 105.061 0.698 0.49 3.96 0.21 0.29 1.80 4.51 0.8582 C39 104.309 0.540 0.11 3.30 0.05 0.02 1.03 2.12 1.1193 C40 315.673 0.803 0.84 4.44 0.32 0.75 1.23 2.09 0.4157 C41 169.668 0.738 0.89 4.13 0.36 0.89 2.64 8.35 0.9135 C42 157.863 0.529 0.13 3.26 0.06 0.03 3.10 14.99 3.0441 C43 153.468 0.697 0.14 3.95 0.06 0.02 3.30 17.12 2.9581 C44 232.086 0.219	C31	151.832	0.222	0.23	1.96	0.14	0.14	1.30	2.69	1.0289
C35 195.005 0.741 0.59 4.15 0.24 0.40 2.30 6.91 0.9720 C38 105.061 0.698 0.49 3.96 0.21 0.29 1.80 4.51 0.8582 C39 104.309 0.540 0.11 3.30 0.05 0.02 1.03 2.12 1.1193 C40 315.673 0.803 0.84 4.44 0.32 0.75 1.23 2.09 0.4157 C41 169.668 0.738 0.89 4.13 0.36 0.89 2.64 8.35 0.9135 C42 157.863 0.529 0.13 3.26 0.06 0.03 3.10 14.99 3.0441 C43 153.468 0.697 0.14 3.95 0.06 0.02 3.30 17.12 2.9581 C44 232.086 0.219 0.23 1.95 0.14 0.14 1.14 2.12 0.9076 C48 155.987 0.617	C32	436.439	0.783	0.63	4.34	0.24	0.42	2.27	6.74	0.9053
C38 105.061 0.698 0.49 3.96 0.21 0.29 1.80 4.51 0.8582 C39 104.309 0.540 0.11 3.30 0.05 0.02 1.03 2.12 1.1193 C40 315.673 0.803 0.84 4.44 0.32 0.75 1.23 2.09 0.4157 C41 169.668 0.738 0.89 4.13 0.36 0.89 2.64 8.35 0.9135 C42 157.863 0.529 0.13 3.26 0.06 0.03 3.10 14.99 3.0441 C43 153.468 0.697 0.14 3.95 0.06 0.02 3.30 17.12 2.9581 C44 232.086 0.219 0.23 1.95 0.14 0.14 1.14 2.12 0.9076 C48 155.987 0.617 0.28 3.62 0.13 0.10 3.85 19.88 2.5315 C49 207.066 0.563 <td< td=""><td>C33</td><td>253.964</td><td>0.504</td><td>0.35</td><td>3.16</td><td>0.18</td><td>0.19</td><td>1.23</td><td>2.30</td><td>0.7427</td></td<>	C33	253.964	0.504	0.35	3.16	0.18	0.19	1.23	2.30	0.7427
C39 104.309 0.540 0.11 3.30 0.05 0.02 1.03 2.12 1.1193 C40 315.673 0.803 0.84 4.44 0.32 0.75 1.23 2.09 0.4157 C41 169.668 0.738 0.89 4.13 0.36 0.89 2.64 8.35 0.9135 C42 157.863 0.529 0.13 3.26 0.06 0.03 3.10 14.99 3.0441 C43 153.468 0.697 0.14 3.95 0.06 0.02 3.30 17.12 2.9581 C44 232.086 0.219 0.23 1.95 0.14 0.14 1.14 2.12 0.9076 C48 155.987 0.617 0.28 3.62 0.13 0.10 3.85 19.88 2.5315 C49 207.066 0.563 0.59 3.40 0.28 0.50 1.40 2.71 0.6436 C50 80.265 0.734	C35	195.005	0.741	0.59	4.15	0.24	0.40	2.30	6.91	0.9720
C40 315.673 0.803 0.84 4.44 0.32 0.75 1.23 2.09 0.4157 C41 169.668 0.738 0.89 4.13 0.36 0.89 2.64 8.35 0.9135 C42 157.863 0.529 0.13 3.26 0.06 0.03 3.10 14.99 3.0441 C43 153.468 0.697 0.14 3.95 0.06 0.02 3.30 17.12 2.9581 C44 232.086 0.219 0.23 1.95 0.14 0.14 1.14 2.12 0.9076 C48 155.987 0.617 0.28 3.62 0.13 0.10 3.85 19.88 2.5315 C49 207.066 0.563 0.59 3.40 0.28 0.50 1.40 2.71 0.6436 C50 80.265 0.734 1.10 4.11 0.45 1.39 3.12 11.01 0.9726	C38	105.061	0.698	0.49	3.96	0.21	0.29	1.80	4.51	0.8582
C41 169.668 0.738 0.89 4.13 0.36 0.89 2.64 8.35 0.9135 C42 157.863 0.529 0.13 3.26 0.06 0.03 3.10 14.99 3.0441 C43 153.468 0.697 0.14 3.95 0.06 0.02 3.30 17.12 2.9581 C44 232.086 0.219 0.23 1.95 0.14 0.14 1.14 2.12 0.9076 C48 155.987 0.617 0.28 3.62 0.13 0.10 3.85 19.88 2.5315 C49 207.066 0.563 0.59 3.40 0.28 0.50 1.40 2.71 0.6436 C50 80.265 0.734 1.10 4.11 0.45 1.39 3.12 11.01 0.9726	C39	104.309	0.540	0.11	3.30	0.05	0.02	1.03	2.12	1.1193
C42 157.863 0.529 0.13 3.26 0.06 0.03 3.10 14.99 3.0441 C43 153.468 0.697 0.14 3.95 0.06 0.02 3.30 17.12 2.9581 C44 232.086 0.219 0.23 1.95 0.14 0.14 1.14 2.12 0.9076 C48 155.987 0.617 0.28 3.62 0.13 0.10 3.85 19.88 2.5315 C49 207.066 0.563 0.59 3.40 0.28 0.50 1.40 2.71 0.6436 C50 80.265 0.734 1.10 4.11 0.45 1.39 3.12 11.01 0.9726	C40	315.673	0.803	0.84	4.44	0.32	0.75	1.23	2.09	0.4157
C43 153.468 0.697 0.14 3.95 0.06 0.02 3.30 17.12 2.9581 C44 232.086 0.219 0.23 1.95 0.14 0.14 1.14 2.12 0.9076 C48 155.987 0.617 0.28 3.62 0.13 0.10 3.85 19.88 2.5315 C49 207.066 0.563 0.59 3.40 0.28 0.50 1.40 2.71 0.6436 C50 80.265 0.734 1.10 4.11 0.45 1.39 3.12 11.01 0.9726	C41	169.668	0.738	0.89	4.13	0.36	0.89	2.64	8.35	0.9135
C44 232.086 0.219 0.23 1.95 0.14 0.14 1.14 2.12 0.9076 C48 155.987 0.617 0.28 3.62 0.13 0.10 3.85 19.88 2.5315 C49 207.066 0.563 0.59 3.40 0.28 0.50 1.40 2.71 0.6436 C50 80.265 0.734 1.10 4.11 0.45 1.39 3.12 11.01 0.9726	C42	157.863	0.529	0.13	3.26	0.06	0.03	3.10	14.99	3.0441
C48 155.987 0.617 0.28 3.62 0.13 0.10 3.85 19.88 2.5315 C49 207.066 0.563 0.59 3.40 0.28 0.50 1.40 2.71 0.6436 C50 80.265 0.734 1.10 4.11 0.45 1.39 3.12 11.01 0.9726	C43	153.468	0.697	0.14	3.95	0.06	0.02	3.30	17.12	2.9581
C49 207.066 0.563 0.59 3.40 0.28 0.50 1.40 2.71 0.6436 C50 80.265 0.734 1.10 4.11 0.45 1.39 3.12 11.01 0.9726	C44	232.086	0.219	0.23	1.95	0.14	0.14	1.14	2.12	0.9076
C50 80.265 0.734 1.10 4.11 0.45 1.39 3.12 11.01 0.9726	C48	155.987	0.617	0.28	3.62	0.13	0.10	3.85	19.88	2.5315
	C49	207.066	0.563	0.59	3.40	0.28	0.50	1.40	2.71	0.6436
C53 42.263 0.699 0.94 3.96 0.40 1.07 4.09 18.56 1.4058	C50	80.265	0.734	1.10	4.11	0.45	1.39	3.12	11.01	0.9726
	C53	42.263	0.699	0.94	3.96	0.40	1.07	4.09	18.56	1.4058

9.2 Cuenca Nororiental

Tabla 13 Diseños de la cuenca nororiental

Tubería In Out	Batea inicial	Batea Excavación final inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
----------------	------------------	-----------------------------------	---------------------	------------------------	-----------





-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	-
C407	n373	n374	0.30	2576.84	2576.59	1.50	1.70	0.08	0.0072
C408	n375	n374	0.20	2577.26	2576.89	1.40	1.40	0.03	0.0072
C409	n374	n376	0.35	2576.59	2576.13	1.70	1.60	0.13	0.0057
C422	n453	n452	0.30	2579.25	2578.84	1.50	1.50	0.09	0.0111
C423	n452	n449	0.38	2578.84	2578.56	1.50	1.60	0.11	0.0028
C424	n449	n448	0.38	2578.56	2578.34	1.60	1.70	0.14	0.0045
C425	n448	n398	0.45	2578.34	2578.20	1.70	1.70	0.17	0.0030
C429	n455	n448	0.20	2580.96	2578.64	1.40	1.40	0.02	0.0554
C452	n380	n381	0.53	2574.74	2574.05	2.20	2.30	0.59	0.0116
C467	n2312	n2311	0.25	2568.82	2567.54	1.86	2.78	0.06	0.0196
C468	n2313	n2312	0.25	2569.28	2568.82	1.88	1.86	0.05	0.0052
C1093	n376	n378	0.40	2576.13	2575.85	1.60	1.60	0.15	0.0040
C175	n409	n406	0.30	2579.91	2579.57	1.50	1.50	0.05	0.0032
C176	n406	n404	0.30	2579.57	2578.97	1.50	1.70	0.08	0.0047
C177	n404	n402	0.38	2578.97	2578.64	1.70	1.60	0.13	0.0036
C179	n402	n398	0.40	2578.64	2578.10	1.60	1.80	0.15	0.0040
C180	n398	n390	0.50	2578.10	2577.25	1.80	2.10	0.33	0.0053
C181	n390	n378	0.50	2577.25	2575.75	2.10	1.70	0.38	0.0084
C188	n451	n449	0.20	2579.13	2578.76	1.40	1.40	0.02	0.0054
C189	n378	n380	0.53	2575.75	2574.74	1.70	2.20	0.56	0.0106
C190	n371	n373	0.25	2577.28	2576.84	1.50	1.50	0.04	0.0041
C196	n381	n386	0.53	2574.05	2572.14	2.30	3.40	0.59	0.0111
C13	n459	n386	0.20	2577.39	2574.14	1.40	1.40	0.05	0.0363
C1	n2311	N1	0.20	2569.77	2569.28	0.56	-0.24	0.01	0.0054
C2	n386	N1	0.53	2572.14	2567.24	3.40	1.80	0.66	0.0416
C3	N1	S7	0.60	2567.24	2565.40	1.80	3.40	0.72	0.0091
Tubería	Longitud	Relación de llenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
-	m	-	m	rad	m	m2	m/s	Кра	•
C407	34.554	0.579	0.17	3.46	0.08	0.04	1.88	5.78	1.5885
C408	51.674	0.570	0.11	3.42	0.05	0.02	1.44	3.84	1.5051
C409	80.445	0.655	0.23	3.77	0.10	0.07	1.90	5.68	1.3562
C422	36.630	0.524	0.16	3.24	0.08	0.04	2.30	8.40	2.0729
C423	100.684	0.654	0.25	3.77	0.11	0.08	1.36	3.04	0.9328
C424	49.486	0.650	0.25	3.75	0.11	0.08	1.76	4.86	1.2124
C425	44.747	0.634	0.29	3.69	0.13	0.11	1.56	3.77	1.0033
C429	42.006	0.282	0.06	2.24	0.03	0.01	3.17	17.67	5.0266





ı	1	i	ı	i	i	i	i	1	1
C452	59.277	0.681	0.36	3.88	0.16	0.16	3.68	17.68	2.0643
C467	65.330	0.478	0.12	3.05	0.06	0.02	2.68	11.66	2.8144
C468	89.103	0.649	0.16	3.75	0.07	0.03	1.45	3.68	1.2315
C1093	70.095	0.660	0.26	3.79	0.12	0.09	1.72	4.59	1.1382
C175	107.307	0.570	0.17	3.42	0.08	0.04	1.19	2.52	1.0170
C176	127.160	0.669	0.20	3.83	0.09	0.05	1.56	4.05	1.1807
C177	91.850	0.698	0.27	3.96	0.11	0.08	1.58	3.98	1.0264
C179	133.861	0.663	0.27	3.81	0.12	0.09	1.71	4.57	1.1316
C180	160.583	0.679	0.34	3.87	0.15	0.14	2.32	7.62	1.3414
C181	178.252	0.626	0.31	3.65	0.14	0.13	2.92	11.74	1.8039
C188	68.720	0.479	0.10	3.06	0.05	0.01	1.14	2.58	1.3395
C189	95.437	0.685	0.36	3.90	0.16	0.16	3.50	16.15	1.9555
C190	106.822	0.571	0.14	3.42	0.07	0.03	1.23	2.74	1.1447
C196	172.859	0.698	0.37	3.96	0.16	0.16	3.61	17.01	1.9797
C13	89.464	0.462	0.09	2.99	0.05	0.01	3.21	16.92	3.8454
C1	88.773	0.422	0.08	2.83	0.04	0.01	1.08	2.37	1.3658
C2	117.846	0.470	0.25	3.02	0.13	0.10	6.48	51.96	4.7084
C3	201.972	0.687	0.41	3.91	0.18	0.21	3.50	15.79	1.8317

9.3 Cuenca Nororiental 2

Tabla 14 Diseños de la cuenca nororiental 2

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	-
C370	n516	n517	0.25	2579.11	2578.85	1.50	1.50	0.06	0.0082
C374	n517	n518	0.30	2578.85	2578.61	1.50	1.60	0.11	0.0111
C375	n518	n519	0.35	2578.61	2578.38	1.60	1.70	0.12	0.0053
C376	n519	n520	0.35	2578.38	2577.86	1.70	1.60	0.14	0.0065
C379	n2000	n1999	0.20	2579.23	2577.93	1.40	1.40	0.01	0.0127
C380	n1999	n2001	0.45	2576.83	2576.52	2.50	3.00	0.23	0.0053
C381	n2001	n2002	0.45	2576.52	2575.92	3.00	2.40	0.27	0.0067
C385	n2005	n2010	0.45	2571.96	2571.33	1.70	1.70	0.39	0.0156
C386	n2010	n2011	0.45	2571.33	2570.35	1.70	1.80	0.40	0.0125
C391	n2008	n2007	0.20	2576.77	2576.07	1.40	1.40	0.04	0.0106
C396	n523	n1999	0.45	2577.03	2576.83	2.50	2.50	0.21	0.0062





C397	n522	n523	0.45	2577.37	2577.03	1.60	2.50	0.20	0.0038
C164	n514	n516	0.25	2579.55	2579.11	1.40	1.50	0.04	0.0043
C166	n528	n514	0.20	2580.16	2579.55	1.40	1.40	0.02	0.0091
C192	n520	n522	0.38	2577.86	2577.37	1.60	1.60	0.16	0.0060
C193	n2011	n2314	0.45	2570.35	2569.66	1.80	2.20	0.41	0.0142
C224	n2007	n2005	0.20	2576.07	2572.26	1.40	1.40	0.05	0.0335
C228	n2002	n2005	0.45	2575.92	2571.96	2.40	1.70	0.31	0.0352
C12	n525	n517	0.20	2581.04	2578.95	1.40	1.40	0.03	0.0117
C194	n2314	S6	0.45	2569.66	2568.76	2.20	3.00	0.42	0.0138
Tubería	Longitud	Relación de llenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
-	m	-	m	rad	m	m2	m/s	Кра	-
C370	31.617	0.644	0.16	3.72	0.07	0.03	1.86	5.79	1.5896
C374	22.325	0.616	0.18	3.61	0.08	0.05	2.43	9.16	1.9598
C375	41.835	0.646	0.23	3.73	0.10	0.07	1.82	5.26	1.3146
C376	79.777	0.680	0.24	3.88	0.10	0.07	2.06	6.55	1.4245
C379	102.748	0.336	0.07	2.47	0.04	0.01	1.55	4.68	2.2272
C380	57.701	0.647	0.29	3.74	0.13	0.11	2.14	6.71	1.3552
C381	89.527	0.653	0.29	3.76	0.13	0.11	2.43	8.51	1.5321
C385	40.271	0.616	0.28	3.61	0.13	0.10	3.79	19.37	2.4986
C386	78.300	0.689	0.31	3.91	0.13	0.12	3.46	16.21	2.0866
C391	66.096	0.634	0.13	3.69	0.06	0.02	1.84	5.92	1.7776
C396	32.256	0.568	0.26	3.42	0.12	0.09	2.24	7.39	1.5609
C397	89.896	0.660	0.30	3.79	0.13	0.11	1.78	4.82	1.1144
C164	103.396	0.570	0.14	3.42	0.07	0.03	1.25	2.83	1.1644
C166	66.762	0.421	0.08	2.83	0.04	0.01	1.43	3.96	1.8159
C192	83.778	0.661	0.25	3.80	0.11	0.08	2.06	6.43	1.3962
C193	48.546	0.662	0.30	3.80	0.13	0.11	3.68	18.19	2.2912
C224	113.928	0.528	0.11	3.25	0.05	0.02	3.25	16.98	3.5717
C228	112.755	0.408	0.18	2.77	0.10	0.06	5.01	33.77	4.3097
C12	178.371	0.569	0.11	3.42	0.05	0.02	1.87	6.19	1.9600
C194	65.802	0.678	0.31	3.87	0.13	0.11	3.64	17.79	2.2221





9.4 Cuenca Nororiental 3

Tabla 15 Diseños de la cuenca nororiental 3

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	-
C165	n344	n343	0.20	2585.81	2585.17	1.40	1.40	0.01	0.0120
C171	n341	n340	0.30	2584.76	2584.43	1.50	2.20	0.07	0.0037
C174	n354	n1	0.25	2582.62	2582.50	1.50	1.50	0.03	0.0016
C183	n367	n667	0.20	2585.82	2585.38	1.40	1.40	0.02	0.0055
C207	n359	n358	0.20	2584.60	2584.39	1.40	1.40	0.02	0.0029
C216	n2215	n685	0.20	2585.90	2583.64	1.40	1.40	0.02	0.0366
C217	n685	n682	0.25	2583.64	2583.23	1.40	1.50	0.05	0.0065
C234	n664	n663	0.60	2581.09	2580.80	1.70	2.40	0.34	0.0027
C239	n663	n662	0.60	2580.80	2580.45	2.40	2.20	0.39	0.0033
C255	n695	n628	0.38	2581.42	2579.21	1.60	1.60	0.19	0.0071
C282	n634	n633	0.70	2578.94	2578.77	2.10	2.00	0.68	0.0046
C304	n628	n627	0.80	2578.01	2577.78	2.80	2.90	1.04	0.0032
C305	n627	n626	0.80	2577.78	2577.45	2.90	3.10	1.09	0.0037
C306	n626	n484	0.80	2577.45	2576.99	3.10	2.50	1.18	0.0048
C311	n488	n489	0.80	2576.54	2575.92	2.00	2.30	1.76	0.0082
C312	n489	n490	0.80	2575.92	2574.78	2.30	2.70	1.77	0.0086
C314	n2224	n490	0.20	2576.20	2576.08	1.40	1.40	0.02	0.0025
C327	n501	n500	0.40	2576.27	2575.95	3.50	3.60	0.23	0.0103
C328	n502	n501	0.40	2576.77	2576.27	3.30	3.50	0.22	0.0079
C347	n445	n444	0.20	2581.32	2579.55	1.40	1.40	0.05	0.0255
C353	n512	n507	0.20	2579.35	2577.61	1.50	1.40	0.04	0.0262
C354	n513	n512	0.20	2579.76	2579.35	1.40	1.50	0.03	0.0056
C355	n507	n506	0.38	2577.51	2577.31	1.50	3.00	0.18	0.0062
C359	n511	n510	0.20	2578.82	2576.23	1.40	1.40	0.03	0.0601
C832	n2162	n2167	0.50	2589.80	2587.14	1.80	1.70	0.42	0.0080
C949	n2142	n2139	0.53	2582.66	2580.66	1.70	2.80	0.52	0.0092
C959	n2139	n484	0.53	2580.66	2577.69	2.80	1.80	0.55	0.0323
C1055	n2153	n2156	0.30	2594.32	2590.35	1.50	1.50	0.12	0.0113
C1056	n2156	n2162	0.50	2590.35	2589.80	1.50	1.80	0.25	0.0030
C1067	n667	n337	0.25	2585.38	2585.04	1.40	1.70	0.05	0.0043





C1069	n1	n671	0.45	2582.40	2581.80	1.60	1.70	0.25	0.0055
C1070	n671	n664	0.50	2581.60	2581.09	1.90	1.70	0.29	0.0048
C1071	n682	n680	0.30	2583.23	2582.75	1.50	1.50	0.06	0.0046
C1072	n680	n693	0.35	2582.75	2582.27	1.50	1.60	0.11	0.0044
C1076	n649	n662	0.20	2581.87	2581.25	1.40	1.40	0.02	0.0069
C1077	n346	n343	0.20	2586.17	2585.17	1.40	1.40	0.02	0.0177
C1084	n633	n630	0.80	2578.77	2578.53	2.00	3.10	0.76	0.0018
C1085	n421	n633	0.20	2580.89	2579.37	1.40	1.40	0.04	0.0125
C1087	n444	n446	0.30	2579.55	2578.96	1.40	1.80	0.11	0.0076
C1098	n484	n488	0.80	2576.99	2576.54	2.50	2.00	1.75	0.0088
C1142	n492	n494	0.90	2574.31	2573.94	2.50	2.30	1.81	0.0053
C63	n343	n341	0.20	2585.17	2584.76	1.40	1.50	0.04	0.0093
C68	n340	n337	0.35	2584.43	2584.04	2.20	2.70	0.10	0.0040
C69	n337	n1	0.35	2584.04	2582.40	2.70	1.60	0.18	0.0181
C149	n435	n444	0.20	2580.67	2579.55	1.40	1.40	0.03	0.0101
C153	n446	n507	0.30	2578.96	2577.51	1.80	1.50	0.13	0.0141
C154	n508	n510	0.20	2579.85	2576.23	1.40	1.40	0.03	0.0240
C155	n530	n510	0.20	2577.65	2576.23	1.40	1.40	0.02	0.0078
C158	n506	n502	0.40	2577.31	2576.77	3.00	3.30	0.19	0.0057
C159	n494	n497	0.90	2573.94	2573.11	2.30	2.50	2.09	0.0068
C160	n497	n2210	0.90	2573.11	2572.36	2.50	2.70	2.10	0.0070
C161	n490	n492	0.90	2574.78	2574.31	2.70	2.50	1.80	0.0062
C162	n2210	n2212	0.80	2572.16	2571.30	2.90	3.20	2.12	0.0111
C167	n503	n500	0.20	2580.32	2578.15	1.40	1.40	0.02	0.0230
C168	n500	n494	0.40	2575.95	2574.64	3.60	1.60	0.27	0.0167
C169	n2167	n2142	0.50	2587.14	2582.66	1.70	1.70	0.46	0.0209
C2	n433	n627	0.20	2580.76	2579.28	1.40	1.40	0.03	0.0091
C3	n689	n1	0.20	2583.75	2582.60	1.40	1.40	0.02	0.0072
C4	n679	n671	0.20	2582.64	2582.00	1.40	1.50	0.02	0.0037
C5	n655	n663	0.20	2582.27	2581.70	1.40	1.50	0.02	0.0035
C6	n334	n662	0.30	2581.22	2581.05	1.50	1.60	0.04	0.0019
C7	n662	n634	0.60	2580.45	2579.14	2.20	1.90	0.48	0.0042
C9	n358	n680	0.20	2584.39	2582.85	1.40	1.40	0.04	0.0104
C10	n693	n695	0.38	2582.27	2581.42	1.60	1.60	0.15	0.0050
C11	n630	n628	0.80	2578.33	2578.01	3.30	2.80	0.84	0.0022
C1	n676	n664	0.20	2582.89	2581.39	1.40	1.40	0.02	0.0083





C8	n510	N41	0.30	2576.23	2572.80	1.40	1.50	0.11	0.0132
C12	n2212	N41	0.90	2571.30	2570.50	3.20	3.80	2.15	0.0073
C13	n658	n2213	0.35	2581.11	2580.41	1.60	2.10	0.13	0.0053
C14	n415	n2213	0.25	2581.32	2580.91	1.50	1.60	0.03	0.0027
C15	n2213	n634	0.35	2580.41	2579.44	2.10	1.60	0.19	0.0212
C16	N41	S8	0.90	2570.50	2570.10	3.80	3.90	2.28	0.0079
Tubería	Longitud	Relación de llenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
-	m	-	m	rad	m	m2	m/s	Кра	-
C165	53.361	0.331	0.07	2.45	0.04	0.01	1.48	4.36	2.1589
C171	91.882	0.688	0.21	3.91	0.09	0.05	1.36	3.17	1.0089
C174	79.456	0.695	0.17	3.94	0.07	0.04	0.76	1.13	0.6091
C183	80.029	0.565	0.11	3.40	0.05	0.02	1.23	2.90	1.2969
C207	74.764	0.608	0.12	3.58	0.06	0.02	0.88	1.58	0.8826
C216	61.770	0.325	0.06	2.42	0.04	0.01	2.72	13.10	3.9943
C217	63.064	0.599	0.15	3.54	0.07	0.03	1.60	4.41	1.4409
C234	109.708	0.650	0.39	3.75	0.17	0.19	1.77	4.51	0.9680
C239	106.325	0.653	0.39	3.76	0.17	0.20	2.00	5.64	1.0893
C255	311.180	0.676	0.26	3.86	0.11	0.08	2.27	7.74	1.5159
C282	36.731	0.642	0.45	3.72	0.20	0.26	2.63	9.11	1.3445
C304	72.183	0.795	0.64	4.40	0.24	0.43	2.44	7.70	0.9565
C305	90.494	0.773	0.62	4.30	0.24	0.42	2.62	8.78	1.0592
C306	94.257	0.729	0.58	4.09	0.24	0.39	3.01	11.41	1.2944
C311	75.512	0.811	0.65	4.48	0.24	0.44	4.03	19.48	1.5415
C312	132.744	0.791	0.63	4.39	0.24	0.43	4.15	20.58	1.6361
C314	49.029	0.592	0.12	3.51	0.06	0.02	0.81	1.36	0.8266
C327	31.260	0.614	0.25	3.60	0.11	0.08	2.81	11.38	1.9696
C328	62.833	0.653	0.26	3.77	0.12	0.09	2.47	8.96	1.6526
C347	69.768	0.566	0.11	3.41	0.05	0.02	2.87	13.47	3.0127
C353	66.358	0.468	0.09	3.01	0.05	0.01	2.70	12.31	3.2083
C354	73.494	0.636	0.13	3.69	0.06	0.02	1.29	3.12	1.2480
C355	31.300	0.692	0.26	3.93	0.11	0.08	2.12	6.78	1.3846
C359	43.106	0.342	0.07	2.50	0.04	0.01	3.67	22.42	5.2311
C832	331.502	0.686	0.34	3.90	0.15	0.14	2.91	11.58	1.6706
C949	217.819	0.686	0.36	3.90	0.16	0.16	3.24	14.00	1.8084
C959	92.025	0.458	0.24	2.97	0.13	0.10	5.59	39.67	4.1313
C1055	352.532	0.661	0.20	3.80	0.09	0.05	2.50	9.62	1.9127
C1056	180.154	0.691	0.35	3.92	0.15	0.14	1.71	4.38	0.9781





C1067	78.647	0.664	0.17	3.81	0.07	0.03	1.31	3.04	1.0895
C1069	108.284	0.664	0.30	3.81	0.13	0.11	2.21	7.11	1.3718
C1070	106.072	0.652	0.33	3.76	0.14	0.14	2.17	6.78	1.2978
C1071	104.516	0.581	0.17	3.47	0.08	0.04	1.47	3.70	1.2405
C1072	110.015	0.669	0.23	3.83	0.10	0.07	1.65	4.38	1.1576
C1076	89.973	0.422	0.08	2.83	0.04	0.01	1.23	3.00	1.5592
C1077	56.297	0.341	0.07	2.49	0.04	0.01	1.87	6.58	2.6725
C1084	131.686	0.784	0.63	4.35	0.24	0.42	1.79	4.38	0.7152
C1085	122.039	0.608	0.12	3.58	0.06	0.02	1.99	6.85	1.9838
C1087	76.314	0.699	0.21	3.96	0.09	0.05	2.05	6.63	1.4926
C1098	51.360	0.777	0.62	4.32	0.24	0.42	4.18	20.87	1.6823
C1142	70.333	0.772	0.69	4.29	0.27	0.53	3.43	14.19	1.3115
C63	43.891	0.672	0.13	3.85	0.06	0.02	1.74	5.30	1.6016
C68	95.215	0.640	0.22	3.71	0.10	0.06	1.56	3.97	1.1357
C69	90.591	0.539	0.19	3.30	0.09	0.05	3.35	16.28	2.7494
C149	111.411	0.585	0.12	3.48	0.05	0.02	1.74	5.41	1.7889
C153	103.386	0.620	0.19	3.62	0.08	0.05	2.78	11.70	2.2317
C154	151.246	0.383	0.08	2.67	0.04	0.01	2.34	9.75	3.1327
C155	182.360	0.440	0.09	2.90	0.05	0.01	1.35	3.50	1.6599
C158	95.534	0.688	0.28	3.91	0.12	0.09	2.09	6.57	1.3389
C159	123.121	0.781	0.70	4.34	0.27	0.53	3.91	18.12	1.4764
C160	106.448	0.774	0.70	4.30	0.27	0.53	3.98	18.69	1.5163
C161	74.888	0.714	0.64	4.03	0.27	0.49	3.70	16.37	1.5283
C162	77.886	0.830	0.66	4.58	0.24	0.45	4.75	26.45	1.7619
C167	94.209	0.359	0.07	2.57	0.04	0.01	2.22	8.92	3.0810
C168	78.631	0.581	0.23	3.47	0.11	0.08	3.59	17.89	2.6147
C169	214.529	0.520	0.26	3.22	0.13	0.10	4.48	26.27	3.1479
C2	161.800	0.606	0.12	3.57	0.06	0.02	1.67	5.00	1.6732
C3	159.021	0.464	0.09	3.00	0.05	0.01	1.32	3.37	1.5796
C4	176.056	0.693	0.14	3.94	0.06	0.02	1.05	2.12	0.9423
C5	160.223	0.664	0.13	3.81	0.06	0.02	1.02	2.02	0.9497
C6	91.419	0.608	0.18	3.58	0.08	0.04	0.91	1.55	0.7449
C7	313.211	0.690	0.41	3.92	0.18	0.21	2.29	7.25	1.1955
C9	148.848	0.612	0.12	3.59	0.06	0.02	1.80	5.70	1.7862
C10	168.838	0.652	0.25	3.76	0.11	0.08	1.87	5.40	1.2807
C11	141.011	0.784	0.63	4.35	0.24	0.42	1.99	5.31	0.7933
C1	180.040	0.512	0.10	3.19	0.05	0.02	1.49	4.14	1.6748
C8	260.058	0.565	0.17	3.40	0.08	0.04	2.60	10.44	2.2290





C12	110.144	0.775	0.70	4.31	0.27	0.53	4.07	19.45	1.5470
C13	131.801	0.681	0.24	3.88	0.10	0.07	1.85	5.37	1.2765
C14	153.294	0.640	0.16	3.71	0.07	0.03	1.00	1.89	0.8615
C15	45.567	0.535	0.19	3.28	0.09	0.05	3.64	19.00	3.0028
C16	50.804	0.785	0.71	4.35	0.27	0.54	4.25	21.12	1.5948

9.5 Cuenca Sur 1

Tabla 16 Diseños de la cuenca Sur1

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	-
C489	n1534	n1535	0.30	2580.68	2579.95	2.80	1.60	0.10	0.0073
C490	n1535	n1536	0.40	2579.95	2579.61	1.60	1.60	0.13	0.0034
C508	n1558	n1557	0.38	2579.27	2579.00	1.70	1.80	0.10	0.0019
C524	n1537	n1536	0.90	2576.49	2576.41	4.70	4.80	0.81	0.0019
C530	n1543	n1542	0.80	2577.08	2576.92	3.20	3.50	0.69	0.0016
C545	n1687	n1686	0.30	2580.68	2580.57	1.60	1.60	0.06	0.0040
C548	n1684	n1683	0.40	2580.41	2580.20	1.60	1.80	0.10	0.0019
C1100	n1545	n1543	0.80	2577.28	2577.08	3.40	3.20	0.52	0.0011
C6	n1531	n1534	0.30	2581.11	2580.68	1.50	2.80	0.05	0.0019
C9	N38	n1687	0.30	2580.90	2580.68	1.50	1.60	0.04	0.0018
C60	n1536	n1683	0.80	2576.41	2575.80	4.80	6.20	0.96	0.0030
C61	n1539	n1537	0.90	2576.71	2576.49	4.10	4.70	0.75	0.0015
C62	n1542	n1539	0.90	2576.92	2576.71	3.50	4.10	0.72	0.0014
C111	n1686	n1684	0.35	2580.57	2580.41	1.60	1.60	0.07	0.0025
C166	n1605	n1608	0.30	2577.92	2577.72	1.50	2.10	0.04	0.0021
C167	n1612	n1608	0.20	2579.40	2578.42	1.40	1.40	0.03	0.0051
C179	n1567	n1554	0.50	2577.71	2577.53	2.20	2.60	0.18	0.0018
C184	n1551	n1545	0.30	2579.80	2578.98	1.50	1.70	0.07	0.0040
C190	n1585	n1537	0.25	2579.71	2579.49	1.50	1.70	0.03	0.0016
C492	n1557	n1554	0.40	2579.00	2578.53	1.80	1.60	0.13	0.0034
C1	n1573	n1569	0.40	2578.05	2577.91	1.60	2.00	0.08	0.0010
C2	n1571	n1569	0.20	2579.77	2578.51	1.40	1.40	0.04	0.0134
C4	n1608	n1543	0.45	2577.72	2577.38	2.10	2.90	0.13	0.0019





C11	n1569	n1567	0.45	2577.91	2577.71	2.00	2.20	0.13	0.0017
C12	n1683	N1	0.80	2575.80	2575.12	6.20	7.20	1.09	0.0037
C17	n1554	n1545	0.70	2577.53	2577.28	2.60	3.40	0.36	0.0016
C66	N7	n1558	0.25	2579.52	2579.27	1.50	1.70	0.03	0.0019
C3	N1	N2	0.80	2575.12	2574.42	7.20	7.50	1.12	0.0040
C5	N2	S5	0.80	2574.42	2573.98	7.50	7.90	1.15	0.0042
Tubería	Longitud	Relación de llenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
-	m	-	m	rad	m	m2	m/s	Кра	-
C489	100.037	0.681	0.20	3.88	0.09	0.05	1.99	6.29	1.4814
C490	99.409	0.640	0.26	3.71	0.11	0.08	1.56	3.86	1.0595
C508	89.658	0.621	0.24	3.63	0.11	0.07	1.39	3.16	0.9897
C524	40.110	0.631	0.57	3.67	0.26	0.42	1.91	4.89	0.8747
C530	101.464	0.767	0.61	4.27	0.24	0.41	1.67	3.84	0.6821
C545	25.695	0.572	0.17	3.43	0.08	0.04	1.35	3.16	1.1499
C548	108.809	0.640	0.26	3.71	0.11	0.08	1.14	2.17	0.7718
C1100	189.219	0.729	0.58	4.09	0.24	0.39	1.33	2.52	0.5700
C6	228.535	0.647	0.19	3.74	0.09	0.05	0.93	1.59	0.7242
C9	130.232	0.622	0.19	3.63	0.08	0.05	0.89	1.46	0.7105
C60	204.955	0.767	0.61	4.27	0.24	0.41	2.32	7.05	0.9491
C61	145.249	0.653	0.59	3.76	0.26	0.44	1.70	3.91	0.7561
C62	145.186	0.662	0.60	3.80	0.26	0.45	1.62	3.58	0.7136
C111	64.087	0.624	0.22	3.64	0.10	0.06	1.19	2.41	0.8787
C166	95.827	0.541	0.16	3.31	0.08	0.04	0.94	1.64	0.8272
C167	193.592	0.636	0.13	3.69	0.06	0.02	1.23	2.84	1.1849
C179	99.997	0.677	0.34	3.87	0.15	0.14	1.29	2.63	0.7511
C184	205.503	0.688	0.21	3.91	0.09	0.05	1.43	3.44	1.0546
C190	133.749	0.698	0.17	3.96	0.07	0.04	0.78	1.19	0.6250
C492	136.640	0.639	0.26	3.70	0.11	0.08	1.56	3.85	1.0591
C1	141.865	0.695	0.28	3.94	0.12	0.09	0.81	1.17	0.5153
C2	94.897	0.618	0.12	3.62	0.06	0.02	2.07	7.38	2.0451
C4	178.720	0.643	0.29	3.72	0.13	0.11	1.22	2.40	0.7745
C11	111.506	0.667	0.30	3.82	0.13	0.11	1.18	2.25	0.7282
C12	186.668	0.776	0.62	4.31	0.24	0.42	2.62	8.78	1.0553
C17	158.387	0.616	0.43	3.61	0.20	0.25	1.43	3.00	0.7561
C66	138.327	0.700	0.17	3.96	0.07	0.04	0.83	1.34	0.6663
C3	174.999	0.763	0.61	4.25	0.24	0.41	2.73	9.47	1.1202
C5	104.109	0.759	0.61	4.23	0.24	0.41	2.81	9.98	1.1576





9.6 Cuenca Sur 2

Tabla 17 Diseños de la cuenca sur 2

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	-
C554	n1592	n1591	0.200	2580.709	2579.751	1.400	2.1	0.0006	0.02678
C573	n1598	n1597	0.200	2578.938	2578.759	1.400	1.4	0.0112	0.00526
C578	n1777	n1776	0.200	2578.800	2578.431	1.400	1.5	0.0046	0.00632
C579	n1776	n1616	0.200	2578.431	2578.030	1.500	1.7	0.0078	0.00351
C582	n1582	n1580	0.200	2578.803	2578.275	1.400	1.7	0.0020	0.01006
C585	n1578	n1487	0.200	2578.005	2577.533	1.500	1.4	0.0117	0.00784
C617	n1510	n1472	0.250	2576.607	2576.033	1.500	1.5	0.0395	0.00504
C620	n1624	n1625	0.500	2573.001	2572.648	6.900	7.8	0.1928	0.00236
C1022	n1516	n1517	0.200	2577.461	2577.119	1.500	2.6	0.0105	0.00369
C1107	n1487	n1619	0.400	2573.833	2573.658	5.100	5.5	0.0930	0.00162
C70	n1591	n1589	0.200	2579.751	2579.312	2.100	1.4	0.0180	0.00408
C137	n1589	n1595	0.250	2579.312	2578.955	1.400	1.5	0.0273	0.00310
C146	n1595	n1597	0.250	2578.955	2578.659	1.500	1.5	0.0317	0.00266
C154	n1616	n1619	0.350	2578.030	2577.558	1.700	1.6	0.0588	0.00246
C176	n1580	n1578	0.200	2578.275	2578.005	1.700	1.5	0.0095	0.00323
C192	n1622	n1624	0.500	2573.209	2573.001	6.600	6.9	0.1660	0.00146
C197	n1484	n1487	0.400	2574.116	2573.833	4.600	5.1	0.0759	0.00150
C198	n1477	n1484	0.400	2574.403	2574.116	3.800	4.6	0.0716	0.00109
C202	n1472	n1477	0.380	2574.633	2574.403	2.900	3.8	0.0623	0.00121
C249	n1514	n1516	0.200	2577.789	2577.461	1.400	1.5	0.0060	0.00398
C7	n1470	n1472	0.200	2575.184	2574.633	1.400	2.9	0.0106	0.00286
C8	n1619	n1622	0.500	2573.658	2573.209	5.500	6.6	0.1554	0.00150
C10	n1597	n1616	0.300	2578.659	2578.230	1.500	1.5	0.0475	0.00212
C15	n1692	N3	0.200	2579.233	2578.610	1.400	1.4	0.0091	0.00351
C16	N3	n1624	0.250	2578.610	2578.301	1.400	1.6	0.0198	0.00224
C22	n1517	n1510	0.250	2577.119	2576.607	2.600	1.5	0.0311	0.00287
C41	N5	n1591	0.200	2580.250	2580.151	1.400	1.7	0.0113	0.00283
C45	n1499	n1517	0.200	2579.367	2578.319	1.400	1.4	0.0075	0.00347





C1	n1625	N1	0.500	2572.648	2572.477	7.800	7.4	0.1963	0.00330
C2	N1	S6	0.500	2572.477	2572.347	7.400	7.5	0.2045	0.00247
Tubería	Longitud	Relación de llenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
-	m	-	m	rad	m	m2	m/s	Кра	-
C554	35.783	0.057	0.011	0.968	0.007	7.204	0.777	1.956	2.820
C573	33.994	0.383	0.077	2.668	0.041	0.011	1.014	2.141	1.357
C578	58.349	0.229	0.046	1.995	0.027	0.005	0.845	1.686	1.502
C579	113.989	0.355	0.071	2.552	0.039	0.010	0.779	1.349	1.089
C582	52.443	0.133	0.027	1.494	0.017	0.002	0.784	1.644	1.851
C585	60.158	0.347	0.069	2.520	0.038	0.010	1.203	2.959	1.702
C617	113.796	0.570	0.142	3.421	0.068	0.029	1.366	3.342	1.277
C620	149.316	0.636	0.318	3.691	0.143	0.132	1.465	3.309	0.894
C1022	92.532	0.410	0.082	2.781	0.044	0.012	0.862	1.583	1.108
C1107	107.978	0.667	0.267	3.823	0.116	0.089	1.044	1.852	0.686
C70	107.592	0.543	0.109	3.314	0.053	0.017	1.031	2.105	1.113
C137	114.899	0.535	0.134	3.281	0.065	0.027	1.021	1.986	0.996
C146	111.229	0.621	0.155	3.631	0.071	0.032	0.989	1.843	0.868
C154	191.703	0.535	0.187	3.283	0.091	0.052	1.121	2.204	0.924
C176	83.536	0.406	0.081	2.762	0.043	0.012	0.795	1.372	1.029
C192	141.731	0.688	0.344	3.915	0.147	0.144	1.152	2.121	0.659
C197	188.705	0.597	0.239	3.534	0.111	0.078	0.969	1.631	0.692
C198	261.482	0.645	0.258	3.731	0.115	0.086	0.835	1.238	0.563
C202	188.744	0.619	0.235	3.622	0.107	0.074	0.845	1.281	0.604
C249	82.283	0.298	0.060	2.311	0.034	0.008	0.760	1.331	1.171
C7	192.511	0.448	0.090	2.934	0.046	0.014	0.780	1.305	0.951
C8	297.546	0.649	0.325	3.747	0.144	0.135	1.152	2.131	0.692
C10	201.626	0.640	0.192	3.710	0.086	0.048	0.994	1.793	0.779
C15	177.048	0.387	0.077	2.685	0.042	0.011	0.815	1.443	1.084
C16	137.787	0.492	0.123	3.109	0.062	0.024	0.824	1.361	0.848
C22	177.997	0.596	0.149	3.530	0.069	0.031	1.019	1.952	0.922
C41	34.922	0.465	0.093	3.002	0.048	0.014	0.789	1.326	0.940
C45	301.934	0.349	0.070	2.529	0.039	0.010	0.767	1.315	1.082
C1	51.781	0.570	0.285	3.423	0.135	0.116	1.698	4.377	1.122
C2	52.602	0.651	0.326	3.755	0.144	0.135	1.511	3.495	0.905





9.7 Cuenca Sur 3

Tabla 18 Diseños de la cuenca sur 3

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	-
C649	n1640	n1639	0.25	2578.08	2577.81	1.50	1.50	0.03	0.0031
C660	n1639	n1641	0.60	2577.41	2577.15	1.90	2.50	0.27	0.0019
C672	n1654	n1525	0.38	2578.34	2578.16	1.70	2.00	0.09	0.0017
C1108	n1672	n1674	0.80	2576.97	2576.85	2.90	3.10	0.45	0.0009
C1127	n1643	n1639	0.45	2577.54	2577.41	1.50	1.90	0.12	0.0019
C233	n1525	n1656	0.50	2578.16	2577.81	2.00	1.90	0.23	0.0026
C264	n1656	n1670	0.50	2577.81	2577.14	1.90	1.70	0.35	0.0061
C266	n1708	n1706	0.20	2577.86	2577.60	1.40	1.60	0.02	0.0035
C277	n1652	n1654	0.30	2578.67	2578.34	1.50	1.70	0.05	0.0021
C278	n1637	n1639	0.35	2578.23	2577.71	1.60	1.60	0.07	0.0025
C21	n1520	n1525	0.38	2578.56	2578.16	1.60	2.00	0.09	0.0021
C24	n1641	n1696	0.70	2577.15	2576.91	2.50	3.60	0.32	0.0012
C37	n1670	n1672	0.70	2577.14	2576.97	1.70	2.90	0.39	0.0012
C38	n1679	n1696	0.90	2576.65	2576.51	3.70	4.00	0.50	0.0011
C39	n1696	n1700	0.90	2576.51	2576.28	4.00	4.00	0.84	0.0016
C40	n1674	n1679	0.80	2576.85	2576.65	3.10	3.70	0.46	0.0009
C43	n1647	n1643	0.30	2578.53	2577.54	1.50	1.50	0.08	0.0055
C1	n1700	N1	0.90	2576.28	2575.85	4.00	3.20	0.91	0.0016
C2	n1706	N1	0.30	2577.60	2577.05	1.60	2.00	0.06	0.0027
С3	N1	S7	0.90	2575.85	2575.59	3.20	3.20	1.01	0.0017
Tubería	Longitud	Relación de llenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
-	m	-	m	rad	m	m²	m/s	Кра	-
C649	90.418	0.611	0.15	3.59	0.07	0.03	1.06	2.10	0.9435
C660	139.051	0.634	0.38	3.68	0.17	0.19	1.44	3.11	0.8048
C672	106.569	0.690	0.26	3.92	0.11	0.08	1.05	1.90	0.6909
C1108	128.397	0.708	0.57	4.00	0.24	0.38	1.17	2.02	0.5181
C1127	69.344	0.610	0.27	3.59	0.13	0.10	1.22	2.41	0.8064
C233	131.666	0.693	0.35	3.93	0.15	0.15	1.58	3.79	0.9016
C264	110.064	0.672	0.34	3.85	0.15	0.14	2.50	8.75	1.4568





C266	75.619	0.619	0.12	3.62	0.06	0.02	0.99	1.92	0.9708
C277	161.429	0.669	0.20	3.83	0.09	0.05	0.99	1.78	0.7494
C278	212.387	0.584	0.20	3.48	0.10	0.06	1.16	2.32	0.9005
C21	190.507	0.650	0.25	3.75	0.11	0.08	1.16	2.28	0.8014
C24	193.309	0.628	0.44	3.66	0.20	0.25	1.26	2.37	0.6556
C37	149.628	0.742	0.52	4.15	0.21	0.31	1.27	2.39	0.5747
C38	121.860	0.558	0.50	3.37	0.24	0.36	1.37	2.67	0.6840
C39	144.727	0.700	0.63	3.96	0.27	0.48	1.77	4.21	0.7445
C40	223.217	0.708	0.57	4.00	0.24	0.38	1.21	2.13	0.5338
C43	180.584	0.622	0.19	3.63	0.08	0.05	1.66	4.57	1.3303
C1	265.305	0.744	0.67	4.16	0.27	0.51	1.79	4.30	0.7126
C2	199.872	0.687	0.21	3.91	0.09	0.05	1.17	2.38	0.8625
C3	149.168	0.785	0.71	4.36	0.27	0.54	1.88	4.67	0.7044

9.8 Cuenca Sur 4

Tabla 19 Diseños de la cuenca sur 4

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	•	m	m	m	m	m	m³/s	
C719	n1713	n1714	0.20	2577.90	2577.55	1.60	2.20	0.01	0.0033
C720	n1793	n1713	0.20	2578.54	2577.90	1.40	1.60	0.01	0.0038
C722	n1714	n1715	0.20	2577.55	2575.88	2.20	1.40	0.02	0.0110
C723	n1717	n1718	0.38	2575.70	2575.44	1.70	2.90	0.06	0.0011
C724	n1716	n1717	0.30	2575.83	2575.70	1.50	1.70	0.05	0.0026
C725	n1715	n1716	0.30	2575.88	2575.83	1.40	1.50	0.04	0.0022
C728	n1730	n1731	0.20	2576.70	2576.49	1.80	2.10	0.02	0.0030
C729	n1729	n1730	0.20	2577.01	2576.70	1.40	1.80	0.01	0.0046
C734	n1722	n1715	0.20	2576.37	2575.88	1.50	1.40	0.02	0.0028
C752	n1718	n1737	0.38	2575.44	2575.23	2.90	4.20	0.11	0.0027
C772	n1765	n1754	0.20	2577.63	2577.20	1.40	2.10	0.01	0.0026
C1112	n1753	N42	0.20	2577.64	2577.30	1.40	1.80	0.01	0.0031
C286	N42	n1741	0.30	2577.30	2577.02	1.80	2.20	0.03	0.0016
C293	n1758	n1756	0.20	2577.46	2576.81	1.40	2.40	0.01	0.0036
C294	n1756	n1754	0.20	2576.81	2576.40	2.40	2.90	0.01	0.0023





C28 n1727 n1716 0.20 2577.02 2575.93 1.40 1.40 0.01 0.0079 C29 n1737 n1754 0.40 2575.23 2574.90 4.20 4.40 0.11 0.0021 C30 n1736 n4 0.30 2576.20 2576.37 1.40 1.50 0.01 0.0035 C33 n1736 N4 0.30 2576.20 2575.94 2.20 2.50 0.03 0.0015 C34 N4 n1718 0.30 2575.994 2575.20 2.50 0.03 0.0015 C35 n1731 n1736 0.25 2576.49 2576.20 2.10 2.20 0.03 0.0022 C1 n1741 N1 0.45 2573.85 2575.35 5.30 0.18 0.031 C2 N1 S8 0.45 2573.85 2573.85 4.60 5.30 0.18 0.003 Tuberia Longitud Relación de llenado y <	C28	n1727	n1716	0.20	2577.02	2575.93	1.40	1.40	0.01	0.0079
C30 n1754 n1741 0.45 2574.90 2574.62 4.40 4.60 0.14 0.0022 C31 n1724 n1722 0.20 2576.58 2576.37 1.40 1.50 0.01 0.0035 C33 n1736 N4 0.30 2576.20 2575.94 2.20 2.50 0.03 0.0015 C34 N4 n1718 0.30 2575.94 2575.54 2.50 2.80 0.04 0.0015 C35 n1731 n1736 0.25 2576.49 2576.20 2.10 2.20 0.03 0.0022 C1 n1741 N1 0.45 2574.62 2573.85 4.60 5.30 0.18 0.0031 C2 N1 S8 0.45 2573.85 2573.85 5.50 5.70 0.20 0.0034 Tubería Longitud Relación de llenado yn Theta Radio Área Velocidad tao Froude C719 105.635										
C31 n1724 n1722 0.20 2576.58 2576.37 1.40 1.50 0.01 0.0035 C33 n1736 N4 0.30 2576.20 2575.94 2.20 2.50 0.03 0.0015 C34 N4 n1718 0.30 2575.94 2575.54 2.50 2.80 0.04 0.0015 C35 n1731 n1736 0.25 2576.49 2575.62 2.10 2.20 0.03 0.0022 C1 n1741 N1 0.45 2574.62 2573.85 4.60 5.30 0.18 0.0031 C2 N1 S8 0.45 2573.85 2573.35 5.30 5.70 0.20 0.0034 Tubería Longitud Relación de llenado yn Theta Radio Área Velocidad tao Froude - m - m rad m m2 m/s Kpa - C719 105.635 0.464										
C33 n1736 N4 0.30 2576.20 2575.94 2.20 2.50 0.03 0.0015 C34 N4 n1718 0.30 2575.94 2575.54 2.50 2.80 0.04 0.0015 C35 n1731 n1736 0.25 2576.49 2573.85 4.60 5.30 0.18 0.0031 C2 N1 S8 0.45 2573.85 2573.35 5.30 5.70 0.20 0.0034 Tubería Longitud Relación de Ilenado yn Theta Radio Área Velocidad tao Froude C719 105.635 0.464 0.093 3.00 0.05 0.01 0.86 1.54 1.0243 C720 169.164 0.322 0.064 2.41 0.04 0.01 0.78 1.36 1.1451 C722 152.281 0.409 0.082 2.77 0.04 0.01 1.57 4.68 2.0245 C723 233.4		1								
C34 N4 n1718 0.30 2575.94 2575.54 2.50 2.80 0.04 0.0015 C35 n1731 n1736 0.25 2576.49 2576.20 2.10 2.20 0.03 0.0022 C1 n1741 N1 0.45 2574.62 2573.85 4.60 5.30 0.18 0.0031 Tubería Longitud Relación de llenado yn Theta Radio Área Velocidad tao Froude - m - m rad m m m m m M proud m proud m<			1							
C35 n1731 n1736 0.25 2576.49 2576.20 2.10 2.20 0.03 0.0022 C1 n1741 N1 0.45 2574.62 2573.85 4.60 5.30 0.18 0.0031 C2 N1 S8 0.45 2573.85 2573.35 5.30 5.70 0.20 0.0034 Tubería Longitud Relación de llenado le llena										
C1 n1741 N1 0.45 2574.62 2573.85 4.60 5.30 0.18 0.0031 C2 N1 S8 0.45 2573.85 2573.35 5.30 5.70 0.20 0.0034 Tubería Longitud Relación de llenado yn Theta Radio Área Velocidad tao Froude - m - m rad m m2 m/s Kpa - C719 105.635 0.464 0.093 3.00 0.05 0.01 0.86 1.54 1.0243 C720 169.164 0.322 0.064 2.41 0.04 0.01 0.78 1.36 1.1451 C722 152.281 0.409 0.082 2.77 0.04 0.01 1.57 4.68 2.0245 C723 233.412 0.657 0.250 3.78 0.11 0.08 0.82 1.20 0.558 C725 22.576 0.560 0.1										
C2 N1 S8 0.45 2573.85 2573.35 5.30 5.70 0.20 0.0034 Tubería Longitud Relación de llenado yn Theta Radio Área Velocidad tao Froude - m - m rad m m2 m/s Kpa - C719 105.635 0.464 0.093 3.00 0.05 0.01 0.86 1.54 1.0243 C720 169.164 0.322 0.064 2.41 0.04 0.01 0.78 1.36 1.1451 C722 152.281 0.409 0.082 2.77 0.04 0.01 1.57 4.68 2.0245 C723 233.412 0.657 0.250 3.78 0.11 0.08 0.82 1.20 0.5584 C724 50.719 0.621 0.186 3.63 0.08 0.05 1.09 2.13 0.8757 C725 22.576 0.560 0										
Tubería Longitud Relación de Ilenado yn Theta Radio Área Velocidad tao Froude - m - m rad m m2 m/s Kpa - C719 105.635 0.464 0.093 3.00 0.05 0.01 0.86 1.54 1.0243 C720 169.164 0.322 0.064 2.41 0.04 0.01 0.78 1.36 1.1451 C722 152.281 0.409 0.082 2.77 0.04 0.01 1.57 4.68 2.0245 C723 233.412 0.657 0.250 3.78 0.11 0.08 0.82 1.20 0.5584 C724 50.719 0.621 0.186 3.63 0.08 0.05 1.09 2.13 0.8757 C725 22.576 0.560 0.168 3.38 0.08 0.04 0.97 1.74 0.8395 C728 68.188 0.309 <			1							
Tuberia Longitud Ilenado yn Theta Radio Area Velocidad tao Froude C719 105.635 0.464 0.093 3.00 0.05 0.01 0.86 1.54 1.0243 C720 169.164 0.322 0.064 2.41 0.04 0.01 0.78 1.36 1.1451 C722 152.281 0.409 0.082 2.77 0.04 0.01 1.57 4.68 2.0245 C723 233.412 0.657 0.250 3.78 0.11 0.08 0.82 1.20 0.5584 C724 50.719 0.621 0.186 3.63 0.08 0.05 1.09 2.13 0.8757 C725 22.576 0.560 0.168 3.38 0.08 0.04 0.97 1.74 0.8395 C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.	C2	N1		0.45	2573.85	2573.35	5.30	5.70	0.20	0.0034
C719 105.635 0.464 0.093 3.00 0.05 0.01 0.86 1.54 1.0243 C720 169.164 0.322 0.064 2.41 0.04 0.01 0.78 1.36 1.1451 C722 152.281 0.409 0.082 2.77 0.04 0.01 1.57 4.68 2.0245 C723 233.412 0.657 0.250 3.78 0.11 0.08 0.82 1.20 0.5584 C724 50.719 0.621 0.186 3.63 0.08 0.05 1.09 2.13 0.8757 C725 22.576 0.560 0.168 3.38 0.08 0.04 0.97 1.74 0.8395 C728 69.812 0.630 0.126 3.67 0.06 0.02 0.91 1.66 0.8859 C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.583	Tubería	Longitud		yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
C720 169.164 0.322 0.064 2.41 0.04 0.01 0.78 1.36 1.1451 C722 152.281 0.409 0.082 2.77 0.04 0.01 1.57 4.68 2.0245 C723 233.412 0.657 0.250 3.78 0.11 0.08 0.82 1.20 0.5584 C724 50.719 0.621 0.186 3.63 0.08 0.05 1.09 2.13 0.8757 C725 22.576 0.560 0.168 3.38 0.08 0.04 0.97 1.74 0.8395 C728 69.812 0.630 0.126 3.67 0.06 0.02 0.91 1.66 0.8859 C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.583 0.117 3.48 0.05 0.02 0.86 1.49 0.8799 C752 75.440 0.671	-	m	-	m	rad	m	m2	m/s	Кра	-
C722 152.281 0.409 0.082 2.77 0.04 0.01 1.57 4.68 2.0245 C723 233.412 0.657 0.250 3.78 0.11 0.08 0.82 1.20 0.5584 C724 50.719 0.621 0.186 3.63 0.08 0.05 1.09 2.13 0.8757 C725 22.576 0.560 0.168 3.38 0.08 0.04 0.97 1.74 0.8395 C728 69.812 0.630 0.126 3.67 0.06 0.02 0.91 1.66 0.8859 C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.583 0.117 3.48 0.05 0.02 0.86 1.49 0.8799 C752 75.440 0.671 0.255 3.84 0.11 0.08 1.33 2.91 0.8943 C772 163.281 0.466	C719	105.635	0.464	0.093	3.00	0.05	0.01	0.86	1.54	1.0243
C723 233.412 0.657 0.250 3.78 0.11 0.08 0.82 1.20 0.5584 C724 50.719 0.621 0.186 3.63 0.08 0.05 1.09 2.13 0.8757 C725 22.576 0.560 0.168 3.38 0.08 0.04 0.97 1.74 0.8395 C728 69.812 0.630 0.126 3.67 0.06 0.02 0.91 1.66 0.8859 C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.583 0.117 3.48 0.05 0.02 0.86 1.49 0.8799 C752 75.440 0.671 0.255 3.84 0.11 0.08 1.33 2.91 0.8943 C772 163.281 0.466 0.093 3.01 0.05 0.01 0.76 1.23 0.9025 C1112 108.290 0.425	C720	169.164	0.322	0.064	2.41	0.04	0.01	0.78	1.36	1.1451
C724 50.719 0.621 0.186 3.63 0.08 0.05 1.09 2.13 0.8757 C725 22.576 0.560 0.168 3.38 0.08 0.04 0.97 1.74 0.8395 C728 69.812 0.630 0.126 3.67 0.06 0.02 0.91 1.66 0.8859 C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.583 0.117 3.48 0.05 0.02 0.86 1.49 0.8799 C752 75.440 0.671 0.255 3.84 0.11 0.08 1.33 2.91 0.8943 C772 163.281 0.466 0.093 3.01 0.05 0.01 0.76 1.23 0.9025 C1112 108.290 0.425 0.085 2.84 0.04 0.01 0.80 1.38 1.0080 C286 182.540 0.518	C722	152.281	0.409	0.082	2.77	0.04	0.01	1.57	4.68	2.0245
C725 22.576 0.560 0.168 3.38 0.08 0.04 0.97 1.74 0.8395 C728 69.812 0.630 0.126 3.67 0.06 0.02 0.91 1.66 0.8859 C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.583 0.117 3.48 0.05 0.02 0.86 1.49 0.8799 C752 75.440 0.671 0.255 3.84 0.11 0.08 1.33 2.91 0.8943 C772 163.281 0.466 0.093 3.01 0.05 0.01 0.76 1.23 0.9025 C1112 108.290 0.425 0.085 2.84 0.04 0.01 0.80 1.38 1.0080 C286 182.540 0.518 0.155 3.21 0.08 0.04 0.78 1.17 0.7070 C293 179.316 0.325	C723	233.412	0.657	0.250	3.78	0.11	0.08	0.82	1.20	0.5584
C728 69.812 0.630 0.126 3.67 0.06 0.02 0.91 1.66 0.8859 C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.583 0.117 3.48 0.05 0.02 0.86 1.49 0.8799 C752 75.440 0.671 0.255 3.84 0.11 0.08 1.33 2.91 0.8943 C772 163.281 0.466 0.093 3.01 0.05 0.01 0.76 1.23 0.9025 C1112 108.290 0.425 0.085 2.84 0.04 0.01 0.80 1.38 1.0080 C286 182.540 0.518 0.155 3.21 0.08 0.04 0.78 1.17 0.7070 C293 179.316 0.325 0.065 2.42 0.04 0.01 0.75 1.29 1.1064 C294 176.166 0.533	C724	50.719	0.621	0.186	3.63	0.08	0.05	1.09	2.13	0.8757
C729 68.188 0.309 0.062 2.36 0.04 0.01 0.84 1.58 1.2669 C734 176.911 0.583 0.117 3.48 0.05 0.02 0.86 1.49 0.8799 C752 75.440 0.671 0.255 3.84 0.11 0.08 1.33 2.91 0.8943 C772 163.281 0.466 0.093 3.01 0.05 0.01 0.76 1.23 0.9025 C1112 108.290 0.425 0.085 2.84 0.04 0.01 0.80 1.38 1.0080 C286 182.540 0.518 0.155 3.21 0.08 0.04 0.78 1.17 0.7070 C293 179.316 0.325 0.065 2.42 0.04 0.01 0.75 1.29 1.1064 C294 176.166 0.533 0.107 3.27 0.05 0.02 0.75 1.19 0.8204 C28 139.234 0.235	C725	22.576	0.560	0.168	3.38	0.08	0.04	0.97	1.74	0.8395
C734 176.911 0.583 0.117 3.48 0.05 0.02 0.86 1.49 0.8799 C752 75.440 0.671 0.255 3.84 0.11 0.08 1.33 2.91 0.8943 C772 163.281 0.466 0.093 3.01 0.05 0.01 0.76 1.23 0.9025 C1112 108.290 0.425 0.085 2.84 0.04 0.01 0.80 1.38 1.0080 C286 182.540 0.518 0.155 3.21 0.08 0.04 0.78 1.17 0.7070 C293 179.316 0.325 0.065 2.42 0.04 0.01 0.75 1.29 1.1064 C294 176.166 0.533 0.107 3.27 0.05 0.02 0.75 1.19 0.8204 C28 139.234 0.235 0.047 2.02 0.03 0.01 0.97 2.14 1.6991 C30 129.923 0.640	C728	69.812	0.630	0.126	3.67	0.06	0.02	0.91	1.66	0.8859
C752 75.440 0.671 0.255 3.84 0.11 0.08 1.33 2.91 0.8943 C772 163.281 0.466 0.093 3.01 0.05 0.01 0.76 1.23 0.9025 C1112 108.290 0.425 0.085 2.84 0.04 0.01 0.80 1.38 1.0080 C286 182.540 0.518 0.155 3.21 0.08 0.04 0.78 1.17 0.7070 C293 179.316 0.325 0.065 2.42 0.04 0.01 0.75 1.29 1.1064 C294 176.166 0.533 0.107 3.27 0.05 0.02 0.75 1.19 0.8204 C28 139.234 0.235 0.047 2.02 0.03 0.01 0.97 2.14 1.6991 C29 157.376 0.689 0.276 3.92 0.12 0.09 1.22 2.45 0.7801 C30 129.923 0.640	C729	68.188	0.309	0.062	2.36	0.04	0.01	0.84	1.58	1.2669
C772 163.281 0.466 0.093 3.01 0.05 0.01 0.76 1.23 0.9025 C1112 108.290 0.425 0.085 2.84 0.04 0.01 0.80 1.38 1.0080 C286 182.540 0.518 0.155 3.21 0.08 0.04 0.78 1.17 0.7070 C293 179.316 0.325 0.065 2.42 0.04 0.01 0.75 1.29 1.1064 C294 176.166 0.533 0.107 3.27 0.05 0.02 0.75 1.19 0.8204 C28 139.234 0.235 0.047 2.02 0.03 0.01 0.97 2.14 1.6991 C29 157.376 0.689 0.276 3.92 0.12 0.09 1.22 2.45 0.7801 C30 129.923 0.640 0.288 3.71 0.13 0.11 1.32 2.77 0.8423 C31 59.380 0.371	C734	176.911	0.583	0.117	3.48	0.05	0.02	0.86	1.49	0.8799
C1112 108.290 0.425 0.085 2.84 0.04 0.01 0.80 1.38 1.0080 C286 182.540 0.518 0.155 3.21 0.08 0.04 0.78 1.17 0.7070 C293 179.316 0.325 0.065 2.42 0.04 0.01 0.75 1.29 1.1064 C294 176.166 0.533 0.107 3.27 0.05 0.02 0.75 1.19 0.8204 C28 139.234 0.235 0.047 2.02 0.03 0.01 0.97 2.14 1.6991 C29 157.376 0.689 0.276 3.92 0.12 0.09 1.22 2.45 0.7801 C30 129.923 0.640 0.288 3.71 0.13 0.11 1.32 2.77 0.8423 C31 59.380 0.371 0.074 2.62 0.04 0.01 0.80 1.41 1.0897 C33 180.274 0.562	C752	75.440	0.671	0.255	3.84	0.11	0.08	1.33	2.91	0.8943
C286 182.540 0.518 0.155 3.21 0.08 0.04 0.78 1.17 0.7070 C293 179.316 0.325 0.065 2.42 0.04 0.01 0.75 1.29 1.1064 C294 176.166 0.533 0.107 3.27 0.05 0.02 0.75 1.19 0.8204 C28 139.234 0.235 0.047 2.02 0.03 0.01 0.97 2.14 1.6991 C29 157.376 0.689 0.276 3.92 0.12 0.09 1.22 2.45 0.7801 C30 129.923 0.640 0.288 3.71 0.13 0.11 1.32 2.77 0.8423 C31 59.380 0.371 0.074 2.62 0.04 0.01 0.80 1.41 1.0897 C33 180.274 0.562 0.168 3.39 0.08 0.04 0.77 1.15 0.6644 C34 271.559 0.613	C772	163.281	0.466	0.093	3.01	0.05	0.01	0.76	1.23	0.9025
C293 179.316 0.325 0.065 2.42 0.04 0.01 0.75 1.29 1.1064 C294 176.166 0.533 0.107 3.27 0.05 0.02 0.75 1.19 0.8204 C28 139.234 0.235 0.047 2.02 0.03 0.01 0.97 2.14 1.6991 C29 157.376 0.689 0.276 3.92 0.12 0.09 1.22 2.45 0.7801 C30 129.923 0.640 0.288 3.71 0.13 0.11 1.32 2.77 0.8423 C31 59.380 0.371 0.074 2.62 0.04 0.01 0.80 1.41 1.0897 C33 180.274 0.562 0.168 3.39 0.08 0.04 0.77 1.15 0.6644 C34 271.559 0.613 0.184 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671	C1112	108.290	0.425	0.085	2.84	0.04	0.01	0.80	1.38	1.0080
C294 176.166 0.533 0.107 3.27 0.05 0.02 0.75 1.19 0.8204 C28 139.234 0.235 0.047 2.02 0.03 0.01 0.97 2.14 1.6991 C29 157.376 0.689 0.276 3.92 0.12 0.09 1.22 2.45 0.7801 C30 129.923 0.640 0.288 3.71 0.13 0.11 1.32 2.77 0.8423 C31 59.380 0.371 0.074 2.62 0.04 0.01 0.80 1.41 1.0897 C33 180.274 0.562 0.168 3.39 0.08 0.04 0.77 1.15 0.6644 C34 271.559 0.613 0.184 3.60 0.08 0.05 0.80 1.22 0.6501 C35 132.775 0.618 0.154 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671	C286	182.540	0.518	0.155	3.21	0.08	0.04	0.78	1.17	0.7070
C28 139.234 0.235 0.047 2.02 0.03 0.01 0.97 2.14 1.6991 C29 157.376 0.689 0.276 3.92 0.12 0.09 1.22 2.45 0.7801 C30 129.923 0.640 0.288 3.71 0.13 0.11 1.32 2.77 0.8423 C31 59.380 0.371 0.074 2.62 0.04 0.01 0.80 1.41 1.0897 C33 180.274 0.562 0.168 3.39 0.08 0.04 0.77 1.15 0.6644 C34 271.559 0.613 0.184 3.60 0.08 0.05 0.80 1.22 0.6501 C35 132.775 0.618 0.154 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671 0.302 3.84 0.13 0.11 1.61 3.99 0.9914	C293	179.316	0.325	0.065	2.42	0.04	0.01	0.75	1.29	1.1064
C29 157.376 0.689 0.276 3.92 0.12 0.09 1.22 2.45 0.7801 C30 129.923 0.640 0.288 3.71 0.13 0.11 1.32 2.77 0.8423 C31 59.380 0.371 0.074 2.62 0.04 0.01 0.80 1.41 1.0897 C33 180.274 0.562 0.168 3.39 0.08 0.04 0.77 1.15 0.6644 C34 271.559 0.613 0.184 3.60 0.08 0.05 0.80 1.22 0.6501 C35 132.775 0.618 0.154 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671 0.302 3.84 0.13 0.11 1.61 3.99 0.9914	C294	176.166	0.533	0.107	3.27	0.05	0.02	0.75	1.19	0.8204
C30 129.923 0.640 0.288 3.71 0.13 0.11 1.32 2.77 0.8423 C31 59.380 0.371 0.074 2.62 0.04 0.01 0.80 1.41 1.0897 C33 180.274 0.562 0.168 3.39 0.08 0.04 0.77 1.15 0.6644 C34 271.559 0.613 0.184 3.60 0.08 0.05 0.80 1.22 0.6501 C35 132.775 0.618 0.154 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671 0.302 3.84 0.13 0.11 1.61 3.99 0.9914	C28	139.234	0.235	0.047	2.02	0.03	0.01	0.97	2.14	1.6991
C31 59.380 0.371 0.074 2.62 0.04 0.01 0.80 1.41 1.0897 C33 180.274 0.562 0.168 3.39 0.08 0.04 0.77 1.15 0.6644 C34 271.559 0.613 0.184 3.60 0.08 0.05 0.80 1.22 0.6501 C35 132.775 0.618 0.154 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671 0.302 3.84 0.13 0.11 1.61 3.99 0.9914	C29	157.376	0.689	0.276	3.92	0.12	0.09	1.22	2.45	0.7801
C33 180.274 0.562 0.168 3.39 0.08 0.04 0.77 1.15 0.6644 C34 271.559 0.613 0.184 3.60 0.08 0.05 0.80 1.22 0.6501 C35 132.775 0.618 0.154 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671 0.302 3.84 0.13 0.11 1.61 3.99 0.9914	C30	129.923	0.640	0.288	3.71	0.13	0.11	1.32	2.77	0.8423
C34 271.559 0.613 0.184 3.60 0.08 0.05 0.80 1.22 0.6501 C35 132.775 0.618 0.154 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671 0.302 3.84 0.13 0.11 1.61 3.99 0.9914	C31	59.380	0.371	0.074	2.62	0.04	0.01	0.80	1.41	1.0897
C35 132.775 0.618 0.154 3.62 0.07 0.03 0.89 1.52 0.7834 C1 247.321 0.671 0.302 3.84 0.13 0.11 1.61 3.99 0.9914	C33	180.274	0.562	0.168	3.39	0.08	0.04	0.77	1.15	0.6644
C1 247.321 0.671 0.302 3.84 0.13 0.11 1.61 3.99 0.9914	C34	271.559	0.613	0.184	3.60	0.08	0.05	0.80	1.22	0.6501
	C35	132.775	0.618	0.154	3.62	0.07	0.03	0.89	1.52	0.7834
C2 147.588 0.683 0.308 3.89 0.13 0.12 1.70 4.41 1.0330	C1	247.321	0.671	0.302	3.84	0.13	0.11	1.61	3.99	0.9914
	C2	147.588	0.683	0.308	3.89	0.13	0.12	1.70	4.41	1.0330





9.9 Cuenca Sur 5

Tabla 20 Diseños de la cuenca sur 5

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	ı
C75	n45	n2097	0.40	2576.20	2576.06	1.60	1.90	0.09	0.00
C185	n2097	n2085	0.45	2576.06	2575.88	1.90	1.80	0.15	0.00
C195	n2094	n2096	0.70	2574.97	2574.64	3.40	3.70	0.62	0.00
C531	n2087	n2088	0.60	2575.60	2575.37	2.20	3.00	0.31	0.00
C642	n2086	n2087	0.60	2575.72	2575.60	1.90	2.20	0.23	0.00
C643	n2085	n2086	0.53	2575.88	2575.72	1.80	1.90	0.18	0.00
C644	n2095	n2094	0.35	2577.19	2576.77	1.60	1.60	0.09	0.00
C1057	n2096	n50	0.80	2574.64	2574.42	3.70	3.70	0.68	0.00
C427	n2088	n2090	0.70	2575.37	2575.26	3.00	3.20	0.34	0.00
C434	n2090	n2094	0.70	2575.26	2574.97	3.20	3.40	0.50	0.00
C435	n2092	n2090	0.40	2576.98	2576.56	1.60	1.90	0.12	0.00
C64	n50	S9	0.80	2574.42	2574.30	3.70	3.30	0.71	0.00
Tubería	Longitud	Relación de llenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
-	m	-	m	rad	m	m2	m/s	Кра	•
C75	97.513	0.662	0.26	3.80	0.12	0.09	0.99	1.68	0.65
C185	86.322	0.681	0.31	3.88	0.13	0.12	1.30	2.70	0.79
C195	119.671	0.737	0.52	4.13	0.21	0.30	2.03	5.64	0.92
C531	100.191	0.640	0.38	3.71	0.17	0.19	1.61	3.82	0.89
C642	95.662	0.637	0.38	3.69	0.17	0.19	1.19	2.18	0.66
C643	109.154	0.673	0.36	3.85	0.15	0.16	1.16	2.14	0.66
C644	132.930	0.624	0.22	3.64	0.10	0.06	1.36	3.09	1.01
C1057	129.056	0.738	0.59	4.13	0.24	0.40	1.71	4.02	0.73
C427	103.481	0.692	0.48	3.93	0.21	0.28	1.20	2.15	0.58
C434	153.590	0.720	0.50	4.05	0.21	0.30	1.67	3.95	0.78
C435	150.815	0.650	0.26	3.75	0.12	0.09	1.38	3.09	0.93
C64	65.746	0.738	0.59	4.13	0.24	0.40	1.78	4.31	0.75





9.10 Cuenca Sur PTAR

Tabla 21 Diseños de la cuenca sur PTAR

Tubería	In	Out	d	Batea inicial	Batea final	Excavación inicial	Excavación final	Caudal de diseño	Pendiente
-	-	-	m	m	m	m	m	m³/s	-
C861	n2067	n2066	0.30	2573.55	2573.16	1.50	1.60	0.08	0.01
C862	n2066	n2065	0.35	2573.16	2572.87	1.60	1.60	0.15	0.01
C863	n2065	n2064	0.80	2572.47	2572.37	2.00	2.00	0.51	0.00
C864	n2064	n2063	0.80	2572.37	2572.10	2.00	2.20	0.58	0.00
C865	n2063	n2062	0.80	2572.10	2571.83	2.20	2.10	0.62	0.00
C872	n2072	n2071	0.50	2572.51	2572.11	1.90	1.90	0.14	0.00
C873	n2071	n2070	0.60	2572.11	2571.80	1.90	1.90	0.22	0.00
C881	n2055	n2053	1.00	2571.54	2571.16	2.10	2.30	1.52	0.00
C882	n2070	n2055	0.60	2571.80	2571.64	1.90	2.00	0.26	0.00
C883	n2053	n2052	1.00	2571.16	2570.64	2.30	2.50	1.55	0.00
C899	n1810	n1809	0.30	2574.15	2573.46	1.50	1.60	0.09	0.01
C906	N393	N394	0.30	2576.27	2575.96	1.50	2.10	0.05	0.00
C910	n1803	n1802	0.53	2575.74	2575.54	3.50	3.50	0.19	0.00
C923	n1895	n1896	0.70	2573.83	2573.40	3.80	1.90	0.84	0.01
C939	n1963	n1957	1.20	2569.61	2569.48	3.20	4.00	1.78	0.00
C940	n1896	n1959	0.70	2573.40	2572.57	1.90	1.90	0.93	0.01
C943	n1957	n1956	1.20	2569.48	2569.08	4.00	3.40	2.84	0.00
C944	n1956	n1955	1.20	2569.08	2568.54	3.40	3.70	2.88	0.00
C975	n1863	n1854	0.53	2574.07	2573.56	1.70	1.80	0.32	0.00
C651	n1780	n1779	0.25	2575.85	2575.52	1.50	2.60	0.02	0.00
C1118	n1782	n1785	0.30	2577.39	2577.14	1.50	1.80	0.06	0.00
C1120	N394	n1803	0.45	2575.96	2575.74	2.10	3.50	0.10	0.00
C1138	n1391	n1156	0.60	2571.35	2570.33	2.70	3.50	0.54	0.01
C208	n1854	n1857	0.60	2573.56	2573.16	1.80	1.80	0.38	0.00
C229	n1850	n1852	0.45	2575.12	2574.49	2.10	2.10	0.18	0.00
C230	n1852	n1863	0.50	2574.49	2574.07	2.10	1.70	0.21	0.00
C289	n1787	n1785	0.60	2577.05	2576.74	1.80	2.20	0.23	0.00
C302	n1814	n1810	0.30	2575.05	2574.15	1.40	1.50	0.08	0.00
C339	n1893	n1895	0.70	2574.25	2573.83	3.50	3.80	0.81	0.00
C348	n2188	n2078	0.45	2573.27	2573.02	1.70	1.70	0.22	0.00





C349	n2081	n2078	0.25	2573.98	2573.22	1.50	1.50	0.05	0.01
C350	n2191	n2188	0.38	2573.89	2573.27	1.60	1.70	0.13	0.00
C387	n2075	n2072	0.40	2572.86	2572.51	1.60	1.90	0.08	0.00
C398	n2052	n2050	1.00	2570.64	2570.21	2.50	2.90	1.60	0.00
C401	n2050	n1969	1.05	2570.21	2569.80	2.90	3.10	1.66	0.00
C402	n1815	n1814	0.20	2575.90	2575.05	1.40	1.40	0.03	0.01
C414	n1809	n2172	0.40	2573.46	2573.23	1.60	2.50	0.11	0.00
C437	n1899	n1969	0.30	2572.64	2571.40	1.50	1.50	0.06	0.01
C439	n1969	n1963	1.20	2569.80	2569.61	3.10	3.20	1.75	0.00
C458	n1959	n1957	0.70	2572.57	2571.58	1.90	1.90	0.97	0.01
C459	n1955	n1950	1.20	2568.54	2567.93	3.70	4.20	2.93	0.00
C487	n1156	n1948	0.70	2570.33	2570.07	3.50	1.90	0.57	0.00
C46	n2078	n2065	0.70	2573.02	2572.57	1.70	1.90	0.31	0.00
C47	n2058	n2055	0.70	2572.16	2571.64	2.40	2.00	0.51	0.00
C48	n2062	n2055	0.90	2571.83	2571.54	2.10	2.10	0.70	0.00
C49	n1818	n1831	0.30	2574.69	2574.53	1.50	1.50	0.04	0.00
C50	n1831	n2178	0.50	2574.53	2573.62	1.50	1.80	0.18	0.00
C51	n2178	n2172	0.53	2573.62	2573.03	1.80	2.70	0.27	0.00
C53	n2172	n2058	0.60	2573.03	2572.16	2.70	2.40	0.46	0.00
C54	n1779	n1850	0.40	2575.52	2575.12	2.60	2.10	0.10	0.00
C55	N6	n1891	0.40	2576.48	2576.06	1.60	1.90	0.11	0.00
C56	n1802	n2306	0.70	2575.54	2574.78	3.50	3.60	0.57	0.00
C57	n1891	n2306	0.45	2576.06	2575.78	1.90	2.60	0.13	0.00
C58	n2306	n1893	0.70	2574.78	2574.25	3.60	3.50	0.75	0.00
C59	n1857	n1391	0.60	2573.16	2571.35	1.80	2.70	0.43	0.00
C63	n1950	n1948	1.35	2567.93	2567.57	4.20	4.40	2.99	0.00
C65	n1785	n1802	0.60	2576.74	2575.84	2.20	3.20	0.32	0.00
C1	n1948	N1	1.35	2567.57	2567.11	4.40	4.80	3.59	0.00
C2	N1	S10	1.40	2567.11	2566.88	4.80	4.90	3.67	0.00
Tubería	Longitud	Relación de llenado	yn	Theta	Radio	Área	Velocidad	tao	Froude
-	m	-	m	rad	m	m2	m/s	Кра	-
C861	66.646	0.627	0.19	3.65	0.09	0.05	1.72	4.87	1.37
C862	42.287	0.670	0.23	3.83	0.10	0.07	2.12	6.89	1.48
C863	66.495	0.647	0.52	3.74	0.23	0.34	1.49	3.16	0.71
C864	247.573	0.791	0.63	4.38	0.24	0.43	1.37	2.67	0.54
C865	139.933	0.653	0.52	3.76	0.23	0.35	1.78	4.34	0.84





C872	240.246	0.580	0.29	3.46	0.14	0.12	1.18	2.26	0.77
C873	239.032	0.633	0.38	3.68	0.17	0.19	1.18	2.15	0.66
C881	156.096	0.748	0.75	4.18	0.30	0.63	2.41	7.26	0.90
C882	103.317	0.669	0.40	3.83	0.17	0.20	1.31	2.61	0.70
C883	215.835	0.775	0.78	4.31	0.30	0.65	2.38	7.09	0.86
C899	108.296	0.677	0.20	3.86	0.09	0.05	1.84	5.50	1.38
C906	141.409	0.674	0.20	3.85	0.09	0.05	1.02	1.87	0.77
C910	117.546	0.640	0.34	3.71	0.15	0.15	1.28	2.54	0.75
C923	37.289	0.533	0.37	3.27	0.18	0.21	4.04	20.49	2.36
C939	83.839	0.694	0.83	3.94	0.35	0.84	2.13	5.64	0.78
C940	120.733	0.684	0.48	3.90	0.21	0.28	3.30	13.84	1.61
C943	118.844	0.735	0.88	4.12	0.36	0.89	3.18	11.84	1.11
C944	186.277	0.799	0.96	4.42	0.37	0.97	2.97	10.38	0.94
C975	143.363	0.694	0.37	3.94	0.16	0.16	1.96	5.53	1.08
C651	141.672	0.547	0.14	3.33	0.07	0.03	0.87	1.49	0.84
C1118	102.513	0.687	0.21	3.91	0.09	0.05	1.08	2.07	0.80
C1120	129.996	0.576	0.26	3.45	0.12	0.09	1.10	2.03	0.76
C1138	200.470	0.699	0.42	3.96	0.18	0.21	2.55	8.83	1.32
C208	131.367	0.657	0.39	3.78	0.17	0.20	1.91	5.20	1.04
C229	199.967	0.656	0.30	3.78	0.13	0.11	1.62	4.06	1.02
C230	127.951	0.599	0.30	3.54	0.14	0.12	1.70	4.37	1.08
C289	214.897	0.628	0.38	3.66	0.17	0.19	1.25	2.41	0.70
C302	205.344	0.672	0.20	3.84	0.09	0.05	1.50	3.78	1.13
C339	106.005	0.785	0.55	4.35	0.21	0.32	2.50	8.26	1.06
C348	63.801	0.697	0.31	3.95	0.13	0.12	1.84	5.10	1.10
C349	136.572	0.658	0.16	3.78	0.07	0.03	1.51	3.93	1.26
C350	156.803	0.652	0.25	3.76	0.11	0.08	1.64	4.25	1.12
C387	249.386	0.653	0.26	3.76	0.12	0.09	0.96	1.58	0.64
C398	159.398	0.746	0.75	4.17	0.30	0.63	2.55	8.11	0.96
C401	169.128	0.731	0.77	4.10	0.31	0.68	2.44	7.41	0.91
C402	108.197	0.591	0.12	3.51	0.06	0.02	1.52	4.24	1.55
C414	96.440	0.661	0.26	3.80	0.12	0.09	1.28	2.69	0.85
C437	210.673	0.520	0.16	3.22	0.08	0.04	1.62	4.42	1.47
C439	147.894	0.763	0.92	4.25	0.36	0.93	1.89	4.51	0.63
C458	139.145	0.694	0.49	3.94	0.21	0.29	3.39	14.51	1.63
C459	197.619	0.787	0.94	4.37	0.36	0.96	3.07	11.04	0.99
C487	74.971	0.624	0.44	3.64	0.20	0.25	2.24	6.84	1.17
C46	372.944	0.612	0.43	3.59	0.20	0.25	1.25	2.35	0.66





C47	267.475	0.731	0.51	4.10	0.21	0.30	1.68	3.99	0.77
C48	350.231	0.827	0.74	4.57	0.27	0.56	1.25	2.21	0.44
C49	115.574	0.669	0.20	3.83	0.09	0.05	0.78	1.14	0.59
C50	535.094	0.691	0.35	3.93	0.15	0.14	1.25	2.46	0.71
C51	214.581	0.674	0.36	3.85	0.15	0.16	1.68	4.21	0.95
C53	209.980	0.671	0.40	3.84	0.18	0.20	2.27	7.12	1.21
C54	237.928	0.682	0.27	3.89	0.12	0.09	1.07	1.94	0.69
C55	175.913	0.644	0.26	3.73	0.11	0.09	1.28	2.69	0.86
C56	354.487	0.776	0.54	4.31	0.21	0.32	1.79	4.46	0.77
C57	168.823	0.695	0.31	3.94	0.13	0.12	1.13	2.10	0.68
C58	134.848	0.730	0.51	4.10	0.21	0.30	2.48	8.17	1.14
C59	533.205	0.694	0.42	3.94	0.18	0.21	2.05	5.90	1.06
C63	202.694	0.792	1.07	4.39	0.41	1.22	2.46	7.19	0.75
C65	442.656	0.692	0.42	3.93	0.18	0.21	1.55	3.52	0.80
C1	156.655	0.736	0.99	4.13	0.41	1.13	3.18	11.58	1.04
C2	100.189	0.770	1.08	4.28	0.42	1.27	2.88	9.60	0.89