

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): CIRO ALFONSO APELLIDOS: BAUTISTA BAUTISTA.

NOMBRE(S): ANYER FAVIAN APELLIDOS: SANGUINO FLOREZ

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): BYRON APELLIDOS: MEDINA DELGADO.

NOMBRE(S): JAVIER ALFONSO APELLIDOS: CÁRDENAS GUTIÉRREZ.

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): Propuesta De Diseño De Un Sistema Urbano De Drenaje Sostenible Para Reducir Los Niveles De Inundación En La Intersección Entre La Avenida 12e Y La Calle 2n En La Ciudad De Cúcuta Norte De Santander

La presente tesis está compuesta por un diseño de un sistema urbano de drenaje sostenible el cual es apto para reducir y controlar los niveles de inundación en la intersección de la Calle 2N y la Avenida 12E de la ciudad de Cúcuta donde se presentan frecuentes inundaciones. Para su desarrollo se realizó una recolección de información geotécnica, topográfica e hidrológica del área de estudio. A partir de las posibles alternativas se definieron aquellos con mayor probabilidad de implementarse en el caso de estudio a través de un análisis comparativo entre ellos. Finalmente se realizó el diseño, presupuesto y ambientación del sistema urbano de drenaje sostenible seleccionado el cual es capaz de captar la escorrentía superficial que se acumula en la intersección de estudio y filtrarla rápidamente mediante el sistema diseñado.

PALABRAS CLAVES: MÁXIMO 5: Sistema Urbano, Sostenible, Drenaje, Escorrentía, Hidrológica.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 168 PLANOS: 6 ILUSTRACIONES: 47 CD ROOM: -

copia no controlada

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA
REDUCIR LOS NIVELES DE INUNDACIÓN EN LA INTERSECCIÓN ENTRE LA
AVENIDA 12E Y LA CALLE 2N EN LA CIUDAD DE CÚCUTA NORTE DE SANTANDER

AUTORES:

CIRO ALFONSO BAUTISTA BAUTISTA

ANYER FAVIAN SANGUINO FLOREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERIA CIVIL

2020

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA
REDUCIR LOS NIVELES DE INUNDACIÓN EN LA INTERSECCIÓN ENTRE LA
AVENIDA 12E Y LA CALLE 2N EN LA CIUDAD DE CÚCUTA NORTE DE SANTANDER

AUTORES:

CIRO ALFONSO BAUTISTA BAUTISTA

ANYER FAVIAN SANGUINO FLOREZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE ING. CIVIL

DIRECTOR:

NELSON JAVIER CELY CALIXTO

ING. CIVIL, MSC. EN OBRAS HIDRÁULICAS (VEN) O RECURSOS HÍDRICOS (COL),
ESP. EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERIA CIVIL

2020

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 07 DE OCTUBRE DE 2020 **HORA:** 5:00 p. m.

LUGAR: VIDEO CONFERENCIA GOOGLE MEET

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

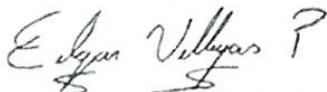
TITULO DE LA TESIS: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA REDUCIR LOS NIVELES DE INUNDACION EN LA INTERSECCION ENTRE LA AVENIDA 12E Y LA CALLE 2N EN LA CIUDAD DE CUCUTA, NORTE DE SANTANDER".

JURADOS: ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES
ING. CLAUDIA PATRICIA CHAUSTRE SANCHEZ

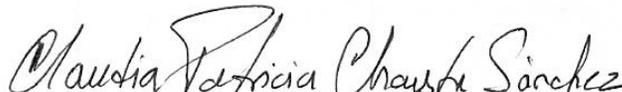
DIRECTOR: INGENIERO NELSON JAVIER CELY CALIXTO.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
CIRO ALFONSO BAUTISTA BAUTISTA	1112524	4,3	CUATRO, TRES
ANYER FAVIAN SANGUINO FLOREZ	1112041	4,3	CUATRO, TRES

APROBADA



ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES



ING. CLAUDIA PATRICIA CHAUSTRE SANCHEZ



Vo. Bo.

JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ

Coordinador Comité Curricular

Betty M.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN
PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Cúcuta,

Señores

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS

Cúcuta. Norte de Santander

Cordial saludo:

Nosotros, Ciro Alfonso Bautista Bautista, Anyer Favian Sanguino Florez, identificados con la C.C. N° 1090509570, C.C N° 1010026414 respectivamente, autores de la tesis y/o trabajo de grado titulado “Propuesta De Diseño De Un Sistema Urbano De Drenaje Sostenible Para Reducir Los Niveles De Inundación En La Intersección Entre La Avenida 12e Y La Calle 2n En La Ciudad De Cúcuta Norte De Santander.” Presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de Ingenieros Civiles; autorizamos a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que, con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.

- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Firma estudiante

Código: 1112524

Correo:

ciroalfonsobbbab@ufps.edu.co

Firma estudiante

Código: 1112041

Correo:

anyerfaviansf@ufps.edu.co

Tabla de contenido

Introducción	16
1. Problema	17
1.1. Título	17
1.2. Planteamiento del problema	17
1.3. Formulación del problema	20
1.4. Objetivos	21
1.4.1. Objetivo general	21
1.4.2. Objetivos específicos.	21
1.5. Justificación	21
1.6. Alcances y limitaciones	23
1.6.1. Alcances	23
1.6.2. Limitaciones	24
1.7. Delimitaciones	24
1.7.1. Delimitación espacial	24
1.7.2. Delimitación temporal	25
1.7.3. Delimitación conceptual	25
2. Marco referencial	26

2.1. Antecedentes y estado del arte	26
2.1.1. Antecedentes bibliográficos	26
2.2. Marco teórico	28
2.2.1. Ciclo hidrológico	28
2.2.2. Sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds)	31
2.3. Marco conceptual	42
2.4. Marco contextual	44
2.5. Marco legal	47
3. Diseño metodológico	49
3.1. Tipo de investigación	49
3.2. Población y muestra	51
3.2.1. Población	51
3.2.2. Muestra	51
3.3. Instrumentos para la recolección de información	52
3.4. Técnicas de análisis y procesamiento de datos	53
3.5. Fases y actividades específicas del proyecto	54
4. Informe final del proyecto	56
4.1. Recolección de información previa para la caracterización de la zona	56

4.1.1.	Análisis topográfico	56
4.1.2.	Factores geotécnicos	58
4.1.3.	Factores climáticos e hidrológicos	62
4.1.4.	Análisis hidrológico e hidráulico	68
4.2.	Definición de alternativas posibles para la implementación en la intersección entre la avenida 12e y la calle 2n	79
4.3.	Diseño del sistema urbano para la avenida 12e con calle 2n	89
4.3.1.	Cálculos para determinar el área de infiltración	89
4.3.2.	Cálculos para el diseño de la de la captación	94
4.3.3.	Cálculos para el diseño de la conducción	98
4.4.	Cálculo de presupuesto de obra y ambientación final	110
4.4.1.	Presupuesto final	110
4.4.2.	Ambientación del proyecto finalizado	112
5.	Conclusiones	115
6.	Recomendaciones	117
7.	Bibliografía	118
8.	Anexos	123
8.1.	Anexo 1: calculo hidráulico para las tuberías	123
8.2.	Anexo 2: cantidades de obra	125

8.3. Anexo 3: análisis de precios unitarios	136
8.4. Anexo 4: imágenes ambientadas del sector	162
8.5. Anexo 5: planos finales	163

Lista de figuras

Figura 1. Problema actual de inundación en la zona de estudio	19
Figura 2.- Problema de inundación en la interseccion entre la AV. 12E y CLL. 2N, Cúcuta N.D.S	20
Figura 3.-Vista satelital AV. 12E con CL. 2N	25
Figura 4.-Ciclo hidrológico zonas sin asentamientos urbanos	29
Figura 5.-Ciclo hidrológico zonas de baja urbanización	30
Figura 6.- Ciclo hidrológico zonas urbanas de gran densidad	30
Figura 7.- Techos o cubiertas verdes	32
Figura 8.-Pavimento permeable- concreto permeable	33
Figura 9.-Pavimento permeable- concreto permeable	34
Figura 10.-Zonas de bio-retención	35
Figura 11.- Zonas de bio-retención	36
Figura 12.- Zanjias de infiltración	37
Figura 13.- Drenes filtrantes o franceses	38
Figura 14.-Cunetas verdes o vegetadas (SWALES)	39
Figura 15.- Depósitos de detención	40
Figura 16. - Depósitos enterrados de detención	41
Figura 17. - Estanques de infiltración	42
Figura 18.- Problema de inundación en la intersección con la AV. 12E y CL. 2N	46
Figura 19. Puntos de referencia aledaños de la intersección de estudio	47
Figura 20.-Intersección problema de estudio	52
Figura 21. Etapas del proyecto	54

Figura 22. - Aproximación área de drenaje según topografía	57
Figura 23. - Áreas tributarias que llegan a la intersección de la AV. 12E y CL. 2N	58
Figura 24. - Perfil litológico de la calle 2N	60
Figura 25. - Temperatura media de la ciudad de Cúcuta	63
Figura 26. - Humedad relativa promedio mensual de la ciudad de Cúcuta	63
Figura 27. - Precipitación promedio mensual de la ciudad de Cúcuta	64
Figura 28. - Evaporación promedio mensual de la ciudad de Cúcuta	65
Figura 29. - Curvas idf para la estación camilo daza de la ciudad de Cúcuta. (2014)	67
Figura 30. - Ubicación de la intensidad calculada en la curva idf para un periodo de retorno de 10 años.	76
Figura 31, - Áreas de drenaje	77
Figura 32. Esquema planteado para la selección de SUDS	85
Figura 33. - Alternativas ingresadas en superDecisions	87
Figura 34. - Comparación de las alternativas asignando valores de importancia en superDecisions	88
Figura 35. Resultado grafico de la evaluación de las alternativas en superDecisions	88
Figura 36. Comparación porcentual entre el volumen filtrado y el volumen de lluvia generado por escorrentía	94
Figura 37. - Propiedades geométricas de un canal circular	99
Figura 38. - Ubicación e identificación de cada tubería.	102
Figura 39. - Ubicación de los pozos en la intersección	104
Figura 40. - Cámaras tradicionales para prevenir la colmatación de tanque y la reducción de su capacidad.	107
Figura 41. - Vista en planta desarenador.	107

Figura 42. – Concepto para las dimensiones de los desarenadores.	108
Figura 43. - Intersección entre la avenida 12E y CALLE 2N; imagen 1 ambientación.	112
Figura 44. - Intersección entre la avenida 12E y CALLE 2N; imagen 2 ambientación.	113
Figura 45. - Intersección entre la avenida 12E y CALLE 2N; imagen 3 ambientación.	113
Figura 46. - Intersección entre la avenida 12E y CALLE 2N; imagen 4 ambientación.	114
Figura 47. - Ambientación perfil estructura de infiltración	114

Lista de tablas

Tabla 1. - Principales características de las perforaciones de la zona	61
Tabla 2. - Principales características de la ciudad de Cúcuta	65
Tabla 3. - Datos empleados para generar las curvas IDF de la ciudad de Cúcuta. (fuente IDEAM)	66
Tabla 4. - (Resolución 0330) - Periodos de retorno o grado de protección	69
Tabla 5. - Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad (RAS)	70
Tabla 6. - Coeficiente de escorrentía adoptado	71
Tabla 7. - Valores de la curva IDF	74
Tabla 8. - Caudales pico para diferentes periodos de retorno, según descarga	78
Tabla 9. - Características físicas del lugar de emplazamiento para la selección de SUDS	80
Tabla 10. - Usos del suelo en el lugar de instalación de los SUDS	81
Tabla 11. - Rendimiento en el control de la cantidad y calidad del agua	82
Tabla 12. - Factores ambientales y sociales	83
Tabla 13. - Criterios y sub-criterios establecidos en superdecisiones	86
Tabla 14. - Análisis del caudal para diferentes intervalos	90
Tabla 15. - Valores típicos de conductividad hidráulica para suelos saturados	91
Tabla 16. - Cálculo de caudal y área filtrante para la interacción entre la av. 12e y la Calle 2n	93
Tabla 17. - Cálculo de la lámina de agua y verificación de parámetros de diseño	97
Tabla 18. - Valores típicos de coeficientes de rugosidad	97
Tabla 19. - Valores típicos de la viscosidad del agua	98
Tabla 20. - Cálculos realizados para la selección de diámetros internos necesarios para los caudales y verificación de parámetros de diseño.	102

Tabla 21. - Diámetro interno mínimo de estructuras de conexión	104
Tabla 22. - Diámetros utilizados para cada pozo de inspección	105
Tabla 23. - Presupuesto total del proyecto	110

Lista de anexos

Anexo 1. - Calculo hidráulico para tuberías.....	124
Anexo 2. - Cantidades de obra	135
Anexo 3. - Análisis de precios unitarios	161
Anexo 4. - Ambientación 3d de la intersección	162
Anexo 5. Planos finales del proyecto	168

Introducción

En este trabajo se pretende dar solución a un problema de estancamiento continuo de aguas lluvia en la intersección entre la Avenida 12E y la Calle 2N a través de sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS) para así mejorar la transitabilidad de la zona evitando el estancamiento de aguas lluvias por largos periodos de tiempo. Además, evitando la contaminación del agua lluvia facilitándole otro medio de transporte y disposición de los tradicionalmente empleados como lo es la escorrentía por canales y canaletas para llegar a una captación determinada en un punto específico; siendo esto problemático para las redes de alcantarillado existentes debido a los fenómenos climáticos que se han venido presentando. Esto haciendo que las redes existentes en épocas de lluvias se vean con falta de capacidad de evacuación y en épocas de sequía se vea un sobre-diseño de los sistemas de desagüe.

También se evita que las aguas lluvia arrastren demasiados desechos y/o contaminantes y se logra un rápido desalojo de las aguas ayudando a mitigar el deterioro de las estructuras viales, mejora la movilidad en el sector evitando inconvenientes o flujo lento por los niveles de aguas empozadas en la zona.

Con el proyecto denotaría una mejora paisajística de la intersección dando un entorno agradable a la ciudad más específicamente en la zona de estudio.

1. Problema

1.1. Título

Propuesta de diseño de un sistema urbano de drenaje sostenible para reducir los niveles de inundación en la intersección entre la Avenida 12E y la Calle 2N en la ciudad de Cúcuta norte de Santander

1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad se presentan inundaciones y problemas con el manejo de las aguas lluvias en diferentes ciudades del mundo debido al cambio climático y a los procesos de urbanización ya que se han reducido las áreas permeables lo que ocasiona un mayor volumen de escorrentía el cual no puede ser evacuado de manera eficiente por los sistemas de recolección existentes, y en algunos casos no se cuentan con ellos. Incluido a ello también está la tendencia de la población a una mayor concentración en las ciudades; lo que demanda una pronta y optima solución a estos problemas ambientales urbanos. (Arboleda, 2001)

Colombia al igual que otros países posee este problema en sus diferentes ciudades y Cúcuta es una de estas, la cual tiene este tipo de inconvenientes en diferentes sectores; además de no contar con un sistema de alcantarillado eficiente. Esto conlleva a una necesidad de gestionar de manera integral dichas situaciones de la ciudad.

La ciudad de Cúcuta cuenta en su mayoría solo con alcantarillado sanitario lo que incurre en una deficiencia en el manejo de las aguas lluvia ocasionando estancamientos y saturando la infraestructura sanitaria convirtiéndose en un problema al momento de las lluvias. Esto está relacionado a una planeación vial que deja de lado el manejo de la escorrentía para así llegar

hacia los puntos definidos para su captación como los son el Canal Bogotá y el Río Pamplonita en la ciudad de Cúcuta.

La parte central de Cúcuta cuenta con un alcantarillado de tipo combinado el cual fue construido antes de 1960. Hoy en día este tipo de sistema combinado ha caído en desuso debido a los costes que implica al aumentar los caudales de agua residual al combinarse con aguas lluvias; ya que de por sí solo el alcantarillado sanitario no requiere grandes diámetros de tubería como si los requiere el alcantarillado de tipo pluvial. Sin tener en cuenta la ya mencionada zona céntrica que cuenta con un alcantarillado combinado, solo un pequeño porcentaje de la ciudad de Cúcuta cuenta con un adecuado sistema de alcantarillado pluvial. (Barajas León, s.f.)

Uno de los puntos donde se presentan problemas es la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N del barrio Quinta Oriental, la cual frecuentemente se ve inundada tras las lluvias y la cual es el objeto de estudio. Adicionalmente cabe mencionar que esta intersección colinda con la Universidad Francisco de Paula Santander.

Al ver la importancia de este corredor vial para la comunidad universitaria y personas residentes en zonas cercanas a la intersección y el cómo afecta el estancamiento de aguas lluvias en la intersección a transeúntes, vehículos; y además del deterioro a la infraestructura vial allí existente, es importante buscar alternativas como la retención, transporte o manejo de estas aguas lluvias en las zonas verdes dispuestas en el separador, costados de la vía y dentro de la misma universidad en su costado noroeste ayudando además al embellecimiento de estas zonas y/o el aprovechamiento de estas aguas.



Figura 1. Problema actual de inundación en la zona de estudio

Actualmente los sistemas urbanos de drenaje sostenible son una opción para restablecer el ciclo hidrológico de tal manera que sirvan para reproducir el sistema hídrico natural. (Pajaro, 2014)

En cuanto al aprovechamiento de esta agua retenida por medio de estos sistemas urbanos de drenaje sostenible y dando un punto de partida para futuros proyectos como podrían ser el buen transporte de esta agua lluvia para evitar su contaminación con agentes dañinos en vías, techos, y otras superficies. Pudiéndose lograr un aprovechamiento de esta agua lluvia para el riego de zonas verdes o tanques de almacenamiento para su uso en aparatos sanitarios u otras disposiciones afines y sobre estas mejoras lograr un flujo normal del tránsito en esta zona evitando complicaciones para transportarse en épocas de lluvia entre las Avenidas Guaimaral y la Avenida Gran Colombia al ser estas unas avenidas concurridas.

Con todo esto contribuir a la comunidad universitaria que transita por esta zona al facilitar el acceso a la universidad en épocas de lluvias; evitar el deterioro de la infraestructura vial y lograr un mejoramiento integral de la zona debido a que los sistemas urbanos de drenaje

sostenible (SUDS) son una alternativa viable para evitar cambios drásticos en las redes de alcantarillado y lograr una mejora paisajística dado que están basados en alternativas que ayudan a la infiltración y/o recolección por medio de zonas verdes principalmente.



Figura 2.- Problema de inundación en la intersección entre la Av. 12E y Cl. 2N, Cúcuta N.d.S

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la propuesta de diseño de un sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS) para el manejo de las aguas lluvias en la intersección entre la Avenida 12E y la Calle 2N para su aprovechamiento dentro de las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander en la ciudad de Cúcuta Norte de Santander?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema urbano de drenaje sostenible para reducir los niveles de inundación en la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N en la ciudad de Cúcuta Norte de Santander

1.4.2. Objetivos específicos.

- Revisar información secundaria de topografía, estudios de suelos e información hidrológica de la zona de estudio, para determinar capacidad de infiltración del suelo, caudales y niveles históricos de inundación.
- Definir las alternativas posibles mediante la evaluación de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) para el manejo de las aguas lluvias en la intersección.
- Diseñar el sistema de drenaje sostenible para la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N del barrio Quinta Oriental en base a la alternativa óptima para la zona.
- Determinar presupuesto de las obras hidráulicas a realizar y presentar un render de la propuesta final.

1.5. Justificación

Actualmente los alcantarillados están enfrentando épocas de lluvias torrenciales trayendo caudales que exceden el periodo de diseño de los mismos y a su vez sequias que sugieren no ampliar la capacidad de estos alcantarillados. Esto debido a los cambios climáticos que se han presentado; llevando a infinidad de problemas en épocas de lluvia como lo son los estancamientos de agua por falta de capacidad de recolección y transporte trayendo esto consigo un deterioro de la malla vial por la falta de evacuación de la escorrentía y la ralentización en la movilidad.

“(...) Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), cuyo objetivo es resolver tanto los problemas de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas, minimizando los impactos del desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística y los valores sociales y ambientales (...).” (Perales Momparler, 2008, pág. 1)

Esto podrá dar solución al estancamiento del agua lluvia en la intersección entre la Avenida 12E y la Calle 2N y así la población actual y futura se verá beneficiada por el mejoramiento de la movilidad en épocas de lluvia. La mejora paisajística de la intersección será consecuencia de la implementación de los SUDS (sistemas urbanos de drenaje sostenible) debido a que estos están enmarcados por elementos como las barreras vivas lo que significa una buena fuente para lograr un buen diseño paisajístico haciendo que el sector sea más agradable para locales y transeúntes. También se podrá disminuir la contaminación de aguas lluvias por el proceso de escorrentía y a su vez poderse captar, almacenar y utilizar para otros fines como riego y limpieza durante periodos de sequía.

De esta manera poder contribuir con la preservación del recurso hídrico, promover estas alternativas por su capacidad de mejorar problemas de estancamiento de aguas lluvias, evitar mayor contaminación de la misma por materiales no filtrantes como es el caso de tejados, calles, entre otros elementos y con esto incentivar la implementación de lineamientos nacionales para edificaciones, vías y demás elementos de urbanismo para evitar problemas en épocas de lluvias y mejorar o restablecer el ciclo hidrológico presente en nuestras urbes al ciclo natural del agua que ha sido afectado con el tiempo.

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances

Este proyecto enmarca la intersección entre la Avenida 12E y la Calle 2N un punto donde hay problemas de estancamiento de aguas lluvia, lo que ha desencadenado una serie de problemas secundarios como lo son el estropicio del pavimento, el problema de movilidad para peatones y automotores en la zona por los tiempos que tarda el agua en ser evacuada.

Dicho lo anterior, el proyecto pretende dar una alternativa que solucione y/o mitigue los tiempos de evacuación de las aguas lluvias en la intersección mediante sistemas urbanos de drenajes sostenibles (SUDS) ya sea para darle uso a esta agua lluvia o para retenerla y así esta se infiltre para mitigar el impacto en el ciclo hidrológico del sector y evitar contaminar cuerpos de agua limpia con la de escorrentía, las cuales al tener una trayectoria superficial por pavimentos y tejados se contaminan con residuos orgánicos, aceites y combustibles.

En este orden de ideas el proyecto puede ser punto de partida para la ciudad de Cúcuta y la Universidad Francisco de Paula Santander para la implementación de estos sistemas de drenaje sostenible y de esta forma contribuir con el cuidado del recurso hídrico evitando mayores descargas de agua contaminada a las fuentes de agua utilizadas para el descargue del agua residual, contribuyendo a la renovación o adaptación del ciclo hidrológico disminuyendo notablemente los caudales de escorrentía y por consiguiente la reducción de los caudales de agua residual manejados por las redes de alcantarillado además de tener un sistema capaz de captar los volúmenes de agua lluvia que se están presentando en la intersección que es problema de estudio, evitar estancamientos de agua por depresiones y/o la falta de capacidad de la red.

1.6.2. Limitaciones

En este trabajo se presentan limitantes como lo es la restricción del libre tratamiento de la información de estudios anteriormente realizados como lo son topografías, estudios hidrológicos y/o hidráulicos hechos con otros fines de estudio por diversos entes tanto privados como públicos.

Limitantes en cuanto al tiempo de estudio y la profundidad de la investigación debido a que se planea tomar estudios anteriormente realizados los cuales son pertinentes y caracterizan la zona de estudio reduciendo así el tiempo de toma de datos aunque en esto enmarcando el uso de información anteriormente tomada y discriminada de diferente forma.

En el apartado de recursos económicos destinados para algún tipo de estudio requerido eventualmente se presentarían dificultades en cuanto a los costes que esto acarree y se preferiría hacer algún tipo de relación con un estudio similar o asumiendo según las condiciones de la zona y criterios seriamente definidos por expertos.

También se presentan limitaciones para el diseño en cuanto las áreas que se destinaran para poder realizar un sistema de drenaje sostenible y que esto aporte a la recolección del agua lluvia en la intersección debido a que el área disponible está definida por el centro del separador de sentido de la vía y a los costados definiendo unas zonas verdes a lado y lado de la vía.

1.7. Delimitaciones

1.7.1. Delimitación espacial

Este proyecto se llevará a cabo en el barrio Quinta Oriental en la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N donde colinda por el sur con la sede de enfermería y la sede principal de la Universidad Francisco de Paula Santander y por el norte el Colegio Municipal María

Concepción Loperena con coordenadas aproximadas latitud: $7^{\circ}54'2.97''N$ y longitud: $72^{\circ}29'21.64''O$ de la ciudad de San José de Cúcuta Norte de Santander.

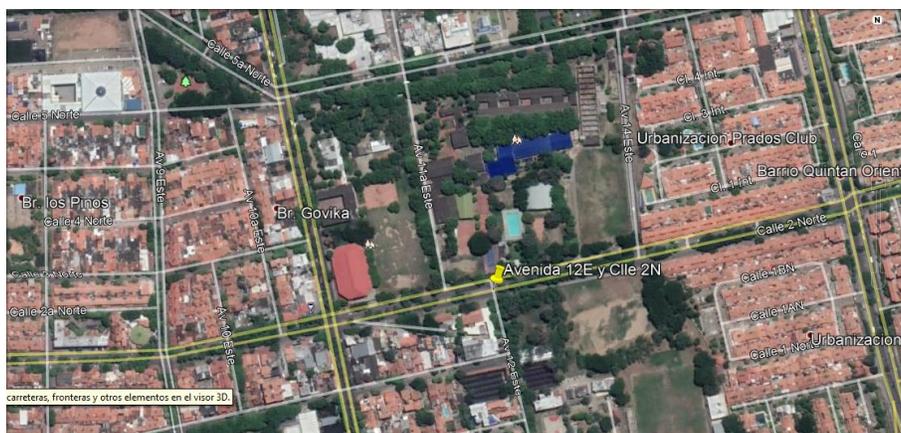


Figura 3.-Vista satelital Av. 12E con Cl. 2N

Fuente: Google Earth Pro

1.7.2. Delimitación temporal

Esta investigación se realizará en un periodo de 8 meses. Habiendo dicho esto se espera cumplir con los objetivos en un tiempo de 5 meses y para el procesamiento de datos y presentación del proyecto en un tiempo de 3 meses y así seguir en el procedimiento para poder optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander.

1.7.3. Delimitación conceptual

A través de esta investigación se tendrá en cuenta diferentes términos relacionados con la temática de estudio y la información hará parte de diferentes fuentes. Serán términos relacionados a:

- Sistemas de alcantarillado
- Impacto ambiental
- Sistemas urbanos de drenaje sostenible
- Hidrología

2. Marco referencial

2.1. Antecedentes y estado del arte

2.1.1. Antecedentes Bibliográficos

- (Rodríguez & Ostios, 2015) En su tesis “SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE “SUDS” COMO ALTERNATIVA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES EN NECHÍ UN MUNICIPIO DE LA MOJANA.” es tomado como alternativa de mitigación un diseño de SUDS como solución a una problemática de inundaciones. Se realizó mediante una caracterización de la zona de estudio y un análisis de factibilidad en el cual se determinó la viabilidad del proyecto. Como resultado de esto se obtuvo que la implementación de un SUDS cumpliera de manera óptima para el manejo de aguas lluvias. Este proyecto tuvo su aporte en la parte procedimental o protocolaria además de demostrar la viabilidad del uso de los SUDS en épocas de fuertes lluvias.

- (Ramírez & Chamorro, 2018) Como se menciona en la tesis "DISEÑO DE SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE EN BOGOTÁ, CALLE 127 CON AUTOPISTA NORTE" donde se propone un diseño de trenes SUDS como solución a un problema de encharcamientos en una autopista de Bogotá esto se realizó mediante la caracterización de dicha zona y la selección de tipologías SUDS mediante un diagrama creado a partir de la información recopilada. En los resultados se obtuvieron un porcentaje calculado de más de 30% en el almacenamiento del agua de escorrentía.

- (Cuéllar, 2015) En su tesis “SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE SUDS: INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA URBANA PARA EL CONTROL Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA” hace referencia a las consecuencias que trae

al ciclo hidrológico los procesos de urbanización y de cómo las nuevas tecnologías incluyen el uso de sistemas urbanos de drenaje innovadores para minimizar al máximo las consecuencias mencionadas. Se hace una revisión de la literatura del año de estudio sobre el planteamiento de diversos modelos, criterios y herramientas como ayuda para la selección y evaluación de alternativas SUDS, además de dar ejemplos de sistemas de administración de recursos hídricos. Se tuvo como resultado que los de SUDS pueden mitigar los impactos adversos si se diseña y se da la el correcto mantenimiento de estos.

- (Rosello, 2015) En esta tesis “SUDS: METODOLOGIA DE CALCULO Y EXPERIENCIAS EN AREAS URBANAS” se propone dar una visión general de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), además de estudiar los cálculos solicitados para realizar un dimensionamiento hidráulico y una revisión a la norma que rige en España. Esto se realizó a través de una recopilación de datos e información y el respectivo análisis de los resultados de este proyecto. Se organizaron y enumeraron las tipologías de SUDS además se dedujo que a periodos largos de retorno afectaba de manera negativa los SUDS debido a una mayor exigencia en la capacidad de estos.

- (Arbelo, 2017) En su trabajo de grado “SUDS Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua” se realiza una recolección de información basada en el estado de los sistemas urbanos de drenaje sostenible en ese momento y en base a esto se establecen criterios para la gestión del ciclo urbano del agua. Se manifiesta como resultado una tendencia hacia sistemas convencionales los cuales poseen resultados óptimos a corto plazo y no las posibles contingencias a largo plazo, además se hace necesario un mejoramiento en las normativas sobre la reutilización de aguas grises y pluviales, además de una falta de integración en la gestión del agua pluvial con las políticas de ordenamiento territorial.

- (Añazco, 2014) En su tesis “ANÁLISIS Y DISEÑO PARA SOLUCIÓN DE AGUAS LLUVIAS MEDIANTE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE APLICANDO LA TÉCNICA DE FIRMES PERMEABLES EN CONDOMINIO ERCILLA, COMUNA DE TEMUCO, IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA” se realizó un estudio de pavimentos permeables de adoquines de hormigón, además de su puesta en práctica; este estudio se basó también en las normas para la región de Araucanía-Chile. Esto se realizó a través de una evaluación de ciertas vías y plazas de un condominio y así determinar la viabilidad del pavimento en el caso de estudio. Todo esto se hizo con el respectivo estudio hidrológico de la zona y una revisión de los diferentes tipos de SUDS. Como resultado principal se obtuvo una división en zonas para dos diferentes tipos de pavimentos permeables como solución a la zona de estudio.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Ciclo hidrológico

Se conforma por una sucesión de etapas por las cuales atraviesa el agua de la tierra hacia la atmosfera y viceversa. Esto se conoce como un proceso de transporte de recirculación permanente o indefinido, principalmente causado por la radiación proporcionada por el sol y de la gravedad de la tierra la cual hace que el agua condensada descienda.

El agua en su caída puede volver a evaporarse, o ser interceptada por construcciones o la propia vegetación. Una vez en el suelo el agua se infiltra en grandes cantidades lo que puede llegar a causar encharcamientos hasta que comienza a escurrir por la superficie de los terrenos. La forma como escurre no está nada clara pero seguro depende del tipo de terreno. También dependiendo de la humedad del aire, la presión atmosférica, la temperatura, parte del agua puede evaporarse regresar a la atmósfera. (Bateman, 2007)

Una zona natural la cual se encuentre sin asentamientos urbanos, se calcula que alrededor de 95% del agua que se gestiona se infiltra en el suelo y el restante 5% es escorrentía. (Añazco, 2014)

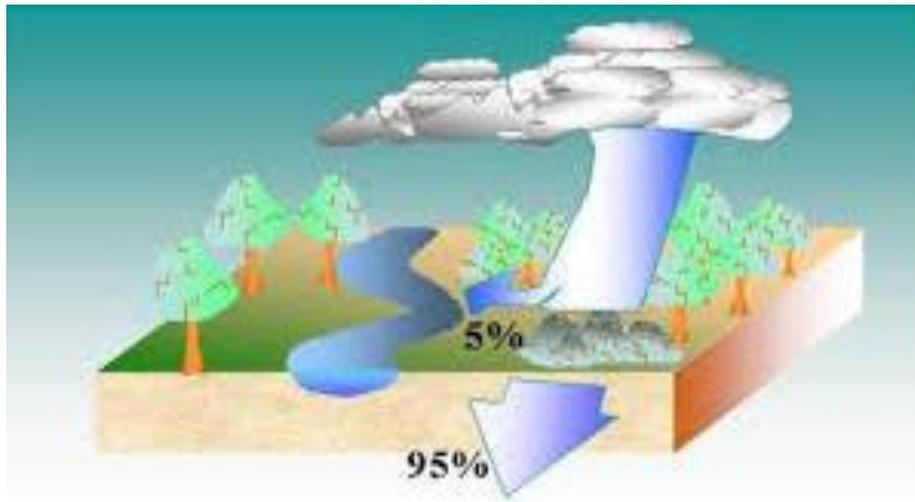


Figura 4.-Ciclo hidrológico zonas sin asentamientos urbanos

Fuente: dianamagredoc.wordpress.com

Por otra parte, en lugares donde la urbanización es baja, como lo son las zonas rurales y residenciales ubicadas a las afueras de las ciudades, la infiltración disminuye hasta un 30%, debido a esto se produce un incremento de escorrentía del 70%. (Añazco, 2014)

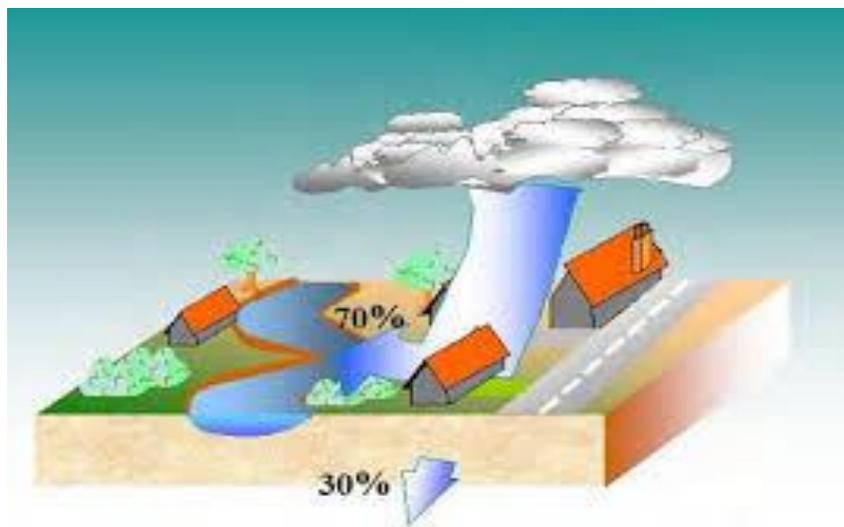


Figura 5.-Ciclo hidrológico zonas de baja urbanización

Fuente: dianamagredoc.wordpress.com

Luego se encuentran, las zonas urbanas de gran densidad, que este caso serían las grandes ciudades, la cantidad de infiltración es muy baja, lo cual genera hasta un 95% de escorrentía superficial, la cual será necesario drenar y gestionar para lograr un entorno óptimo de habitabilidad. (Añazco, 2014)

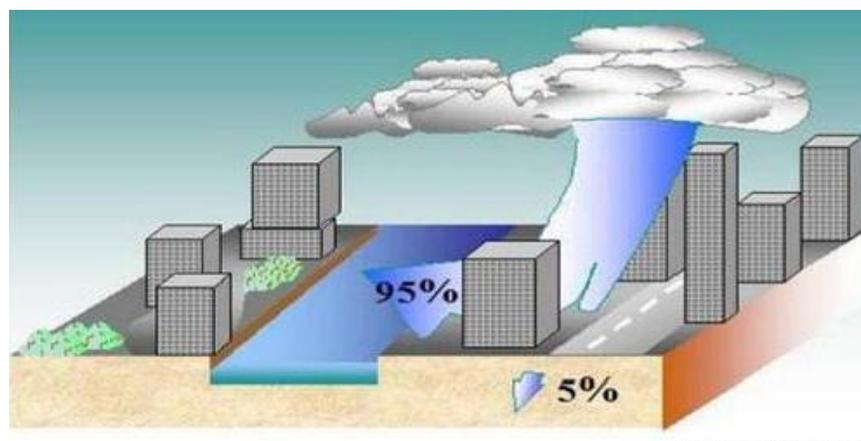


Figura 6.- Ciclo hidrológico zonas urbanas de gran densidad

Fuente: dianamagredoc.wordpress.com

2.2.2. Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)

En este inciso se pretende dar a explicar algunos de los diferentes SUDS aplicados en el mundo como alternativas de mitigación para problemas en manejo de aguas lluvias donde Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) son elementos que tienen la función de minimizar los caudales producidos por escorrentía, además de disminuir la cantidad de contaminantes que está arrastra. Ayuda a mejorar el paisaje urbano y minimizar los costos en lo que es la gestión de las aguas lluvias.

La particularidad de los sistemas urbanos de drenaje sostenible ante los demás sistemas es de potencializar la captación de aguas lluvias por medio de infiltración la cual es fundamental para provocar la retención del agua desde su punto de origen. (Rodriguez & Ostios, 2015)

2.2.2.1. Tipos de SUDS

Techos o cubiertas verdes: Son áreas de vegetación viva, las cuales son instaladas en los techos de edificios para diferentes usos, entre estos el embellecimiento visual, el valor ecológico y la reducción de la escorrentía.

Existen 3 tipos de techos verdes:

- 1) Los extensos, poseen baja profundidad de sustrato, lo que significa unas cargas bajas aplicadas al área donde se apliquen, colocación sencilla y bajos requisitos en el mantenimiento.
- 2) Los intensivos (o los jardines de los techos) poseen cargas más altas, este tipo de cubierta puede manejar diferentes tipos de plantaciones, sin embargo el mantenimiento es más exigente.
- 3) Los techos intensivos simples, en estos la vegetación será cualquier tipo de planta tapizante o césped, se caracterizan por tener poco peso. El ensamblaje de la cubierta con

vegetación debe ser compatible y diseñado para proyectar los materiales de impermeabilización del techo subyacente.

La vida útil del diseño de la impermeabilización del techo se puede prolongar protegiendo la impermeabilización contra daños mecánicos, rayos ultravioleta y amortiguando las temperaturas extremas.

Las cubiertas verdes, también mejoran el rendimiento térmico de los edificios, esto significa que en épocas de verano la utilización de aires acondicionados bajaría, debido a que las cubiertas enfrían la edificación a través de la evapotranspiración; estas cubiertas además ayudaran a combatir el fenómeno conocido como el efecto isla de calor, y aportar al mejoramiento de la calidad del aire y el agua capturando elementos contaminantes de estos.



Figura 7.- Techos o cubiertas verdes

Fuente: Jardines verdes de Bogotá y Colombia - vertín

Pavimentos permeables: Los pavimentos permeables facilitan el tránsito tanto peatonal como vehicular, permiten la infiltración del agua a través de la superficie de su estructura. Estos ayudan a la gestión de la escorrentía y su velocidad, disminuyen su volumen y su frecuencia.

Existen dos tipos de pavimentos permeables según la base de los materiales de revestimiento:

1) Pavimentos porosos: La Infiltración de agua se da en toda su superficie, como lo son las superficies reforzadas de pasto o grava, grava unida a resina, concreto poroso y asfalto poroso.

2) Pavimentos permeables: Éstos poseen una superficie que está formada de material que es impermeable. Estos cuentan con drenes longitudinales ubicados en las capas, las cuales evacuan el agua y se envía a los sistemas de redes existentes, por ejemplo, el pavimento de bloques en concreto.

Los principales tipos de superficies utilizadas como parte de la construcción de pavimentos permeables son: pavimento permeable modular, asfalto poroso, refuerzo de hierba, grava unida a resina, concreto poroso.



Figura 8.-Pavimento permeable- Concreto permeable

Fuente: Blog 360 en concreto; Argos



Figura 9.-Pavimento permeable- Concreto permeable

Fuente: Blog 360 en concreto; Argos

Zonas o áreas de bio-retención: Los sistemas de bio-retención (incluidos los jardines de lluvia) son depresiones artificiales poco profundas que pueden reducir las tasas y los volúmenes de escorrentía y tratar la contaminación mediante el uso de suelos y vegetación preestablecidos para el diseño. (Ballard, y otros, 2015)

En estos sistemas tienen lugar procesos de interceptación de la lluvia, evapotranspiración, infiltración, eliminación de contaminantes reduciéndose de esta manera el volumen de la escorrentía y su contaminación. (Rodríguez, Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible, 2016)

Se pueden usar mezclas de suelo diseñadas específicas como medios de filtro para mejorar el rendimiento del tratamiento de bio-retención, y se pueden implementar diseños que incluyan zonas anaeróbicas sumergidas para promover la eliminación de nutrientes. (Ballard, y otros, 2015) La escorrentía que recolecta el sistema es acumulada en la superficie y después es filtrada al terreno a través de la vegetación.



Figura 10.-Zonas de bio-retención

Fuente: SUD Sostenible

Franjas filtrantes: consisten en superficies cubiertas de vegetación y con una pendiente baja generalmente del 2% al 5% esto hace que el flujo sea lento para que los procesos de tratamiento físico, químico y biológico se realicen de manera efectiva. Estas franjas tienden a estar limitadas en lo que corresponde a extensión, debido a esto no son la mejor opción en lugares de poca disponibilidad de área. Estas franjas son utilizadas mayormente en los márgenes de las carreteras las cuales dispongan del espacio suficiente para su instalación, también se pueden conectar a otros SUDS de manera que al pasar al siguiente sistema el agua ya estará con una cantidad de contaminantes más baja.

En lugares donde haya permeabilidad en el subsuelo, este será el principal mecanismo en los eventos de bajas precipitaciones, lo que daría una eficaz intercepción de la escorrentía, además ayudan a la infiltración del agua, facilitando la evapotranspiración y poseen valor ecológico.

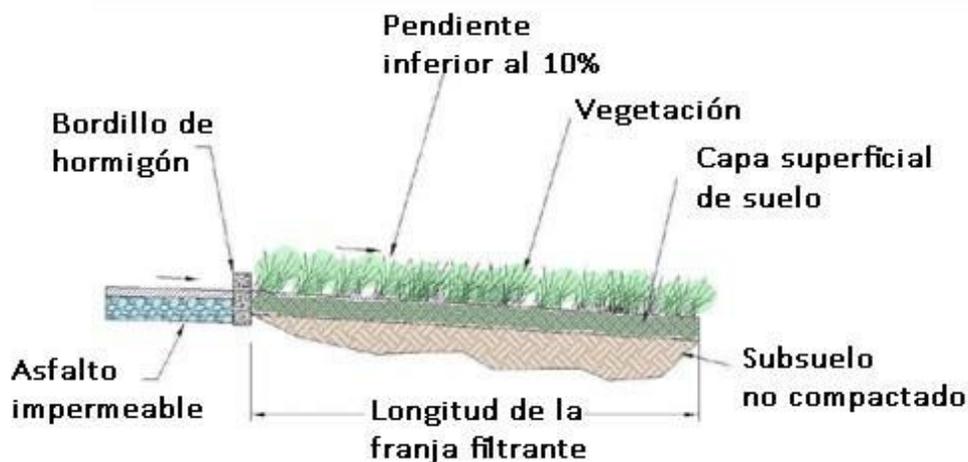


Figura 11.- Zonas de bio-retención

Fuente: Fuente: SUD Sostenible

Zanjas de infiltración: son pozos de (1 a 3 m) de profundidad rellenos de material drenante, en los que se vierte la escorrentía de las superficies impermeables adyacentes o contiguas a este, también recogen temporalmente la escorrentía de los techos y azoteas, esto hace que estas aguas no terminen en el sistema de alcantarillado. Estos no pueden ser utilizados en sitios donde el suelo sea poco permeable, además de esto se recomienda que este sistema quede por encima del nivel freático con tal de prevenir ex-filtraciones en el sistema, tiene que ser estable incluso en situaciones de saturado, esto para evitar comprometer estructuras contiguas.

Las zanjas de infiltración son estructuras sencillas, de fácil construcción y bajos costes de mantenimiento, que además facilitan la recarga de acuíferos infiltrando un elevado caudal en relación con la superficie que ocupan, ya que apenas ocupan espacio. (Rodríguez, Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible , 2016)



Figura 12.- Zanjas de infiltración

Fuente: SUD Sostenible

Drenes filtrantes o franceses: los drenajes filtrantes consisten en zanjas de poca profundidad rellenas de piedra / grava las cuales pueden tener o no un conducto inferior y almacenan temporalmente en el subsuelo para la atenuación, el transporte y la filtración de la escorrentía. También ayudan a reducir la contaminación presente como los sólidos en suspensión y metales pesados. La piedra puede estar contenida en una zanja simple forrada con un geo textil, geo membrana u otro forro impermeable, o dentro de una instalación más estructural como un canal de concreto. (Ballard, y otros, 2015)

Los drenajes filtrantes son una opción factible en áreas donde las características del suelo posean una baja permeabilidad, esto para que la infiltración del agua no ocasione daños a las estructuras adyacentes. Generalmente este tipo de SUDS no está diseñado para funcionar como trampas de sedimentos, además deben implementarse aguas debajo de un sistema de tratamiento previo para evitar atascos y fallas del mismo.

Estos también permiten un mejor proceso de adsorción y biodegradación otra de las funciones de este sistema es que pueden ralentizar el flujo del agua de esta manera se disminuye la caudal punta.



Figura 13.- Drenes filtrantes o franceses

Fuente: SUD Sostenible

Cunetas verdes o vegetadas: generalmente de forma trapezoidal, diseñadas para transmitir, tratar la escorrentía del agua superficial en zonas contiguas a estas. Mejoran el paisaje natural y ayudan al embellecimiento, suelen ser utilizadas con el fin de drenar carreteras. Disminuyen el volumen de escorrentía y ayudan a disminuir los contaminantes presentes en el agua al retener las partículas en suspensión y los metales pesados. Se deben diseñar para unas bajas velocidades las cuales deben ser ($<1-2$ m/s) para que dé lugar a la sedimentación de las partículas en suspensión.

Puede reemplazar las tuberías convencionales como medio de transporte de escorrentía, y el uso de las tiras de filtro y / o los separadores de flujo adyacentes también pueden eliminar la necesidad de bordillos y barrancos. (Ballard, y otros, 2015)

Las cunetas verdes ayudan principalmente en la reducción de los caudales punta y los volúmenes de agua descargados, debido a esto son excelentes al momento de presentarse situaciones de alta escorrentía.



Figura 14.-Cunetas verdes o vegetadas (swales)

Fuente: SUD Sostenible

Cuenca seca de drenaje extendido: son depresiones vegetadas que se encuentran secas para el momento de las precipitaciones almacenar la escorrentía superficial, reduciendo los riesgos de inundación. El almacenamiento de agua no es permanente, ayudan a sedimentar los contaminantes pueden ser utilizados en zonas muertas o zonas en las cuales no se ha proyectado algún tipo de uso; la calidad del agua en este sistema aumenta a medida que aumenta el tiempo de detención de un evento. Para su diseño se debe contar con un área de entre 4 y 30 hectáreas y con una pendiente longitudinal menor del 15%, y de 1,5m de profundidad.

Cuando la cuenca tiene vegetación, la superficie del suelo puede absorber cierta escorrentía, por lo que se puede usar para prevenir la escorrentía del sitio para eventos de lluvia pequeña, siempre que pequeñas cantidades de infiltración no representen un riesgo para las aguas subterráneas. (Ballard, y otros, 2015)



Figura 15.- Depósitos de detención

Fuente: opiniones personales e inquietudes profesionales acerca de agua, medio ambiente, política y mi ciudad:
Guadalajara, México.

Depósitos enterrados de detención: se trata de unos depósitos los cuales almacenan un volumen de escorrentía de manera temporal para luego ser usada o vertida al medio, estos pueden ser usados en lugares donde haya poco espacio disponible para la implementación de otros sistemas de SUDS.

Pueden ser contruidos con diferentes materiales como lo son el concreto armado, plástico reforzado con vidrio (GRP), tubos de acero corrugado, entre otros.

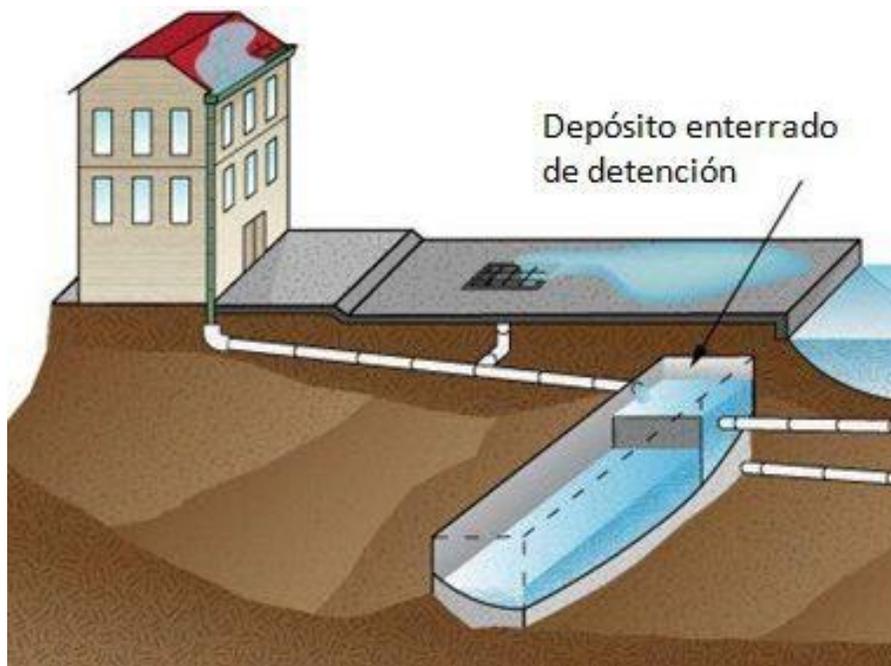


Figura 16. - Depósitos enterrados de detención

Fuente: SUD Sostenible

Estanques de infiltración: son embalses los cuales son diseñados para que puedan almacenar e infiltrar la escorrentía, su objetivo es pasar el flujo de la superficie al subterráneo, de esta manera se eliminan contaminantes a través de la infiltración en el suelo.

El rendimiento de estos sistemas puede ser mejorado a través de la implementación de un sistema de pre tratamiento para la disminución de los sedimentos, lo que ayuda a prevenir la colmatación.

Se recomienda que para estos sistemas el terreno no cuente con pendientes superiores al 15% además de que el nivel freático se encuentre a más de 1,20 m.



Figura 17. - Estanques de infiltración

Fuente: SUD Sostenible

2.3. Marco conceptual

- **Escorrentía superficial:** es la porción de lluvia que no es infiltrada, interceptada o evaporada y que fluye sobre las superficies del suelo. (Gálvez, 2011)
- **Infiltración:** es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. (Pérez, s.f.)
- **Cuenca:** es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. (Mijares, 1992)
- **Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS):** son aquellos elementos participantes en el drenaje de las ciudades que, además de reducir el caudal circulante por la superficie de la misma, consiguen también disminuir de forma notable la cantidad de contaminantes que arrastra el agua de escorrentía. (Abellán, 2013)

- **Filtración:** es la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. (Maldonado, 2004)
- **Evapotranspiración:** es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: la evaporación y la transpiración. (Román, 2017)
- **Sistemas de alcantarillado:** se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usadas para recolectar, transportar, evacuar y disponer de una forma apropiada de aguas residuales. (Gutierrez & Pallares Guillin, 2016)
- **Transpiración:** es un fenómeno biológico por el cual las plantas pierden agua a la atmosfera. (Román, 2017)
- **Evaporación:** es el fenómeno físico en el cual el agua pasa de líquido a vapor (hay que añadir la sublimación-sólido a vapor- desde la nieve y el hielo). (Román, 2017)
- **Sistemas convencionales:** Sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final, se dividen en alcantarillado combinado y el alcantarillado separado. En el primero, tanto las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema, mientras que en el tipo separado esto se hace mediante sistemas independientes de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial. (Gutierrez & Pallares Guillin, 2016)
- **Permeabilidad:** es la capacidad de un cuerpo (en términos particulares, un suelo) para permitir a través del mismo el paso de un fluido, sin que dicho tránsito altere la estructura interna del cuerpo. (Echarri & Vaca)
- **Sedimentos:** son partículas sueltas del suelo que se depositan en el fondo de una masa de agua, generalmente provienen de la erosión. (Council, s.f.)

- **Isla de calor:** es el aumento en la temperatura que experimenta un área urbana comparada con su alrededor rural; es la magnitud usualmente calculada como la diferencia o anomalía de la temperatura en superficie entre zonas urbanas y rurales. (Osorio, 2017)

- **Precipitación:** son todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (nieve o granizo). (Seegerer & Villodas, 2006)

- **Hidrología:** es la ciencia que se enfoca al ciclo hidrológico global y a los procesos involucrados en la continental de dicho ciclo, es decir, es la geociencia que describe y predice:

- Las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica, y atmosférica del sistema hídrico global y;
- El movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre, incluyendo los procesos químicos, físicos y biológicos que tienen lugar a lo largo de su trayectoria. (Puyol & Villa)

- **Sistema de alcantarillado:** se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usadas para recolectar, transportar, evacuar y disponer de una forma apropiada de aguas residuales. (Gutierrez & Pallares Guillin, 2016)

- **Impacto ambiental:** se define como el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. (Aponte & Angulo, 2009)

2.4. Marco contextual

La intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N es una intersección de gran importancia para la Universidad Francisco de Paula Santander y residentes del sector la cual permite hacer conexiones desde la universidad hacia vías principales como la Avenida Libertadores, Avenida del Río por el noreste y Avenida Guaimaral, Avenida 0 por el noroeste.

La Avenida 12E es una vía de único sentido que conecta la Avenida Gran Colombia con la Calle 2N y las respectivas Calles 1N, 0AN, 0N, 1ª, 2ª, 3ª y la Calle 6ª. A su vez la Calle 2N es una doble vía que conecta la Avenida 0 con la Avenida Libertadores y la Avenida del Río. Estas vías son muy transitadas en horas pico debido a la conexión entre estas importantes avenidas. En la esta intersección se encuentra la Universidad Francisco de Paula Santander a ambos lados de la Avenida 12E y también por el costado sur de la Calle 2N. Por el norte de la Calle 2N está un costado del Colegio Municipal María Concepción Loperena.

La Calle 2N tiene una buena arborización en todo su trayecto y debido a esto es conocida como la “Avenida de los Pinos”; estos árboles están ubicados en el separador central de los carriles brindando sombra a esta calle y un buen aspecto. Por otra parte la Avenida 12E cuenta con arborización a lado y lado de la vía como es común en la ciudad de Cúcuta.

En la intersección existe una rejilla para la captación de aguas lluvias, las cuales llegan a esta zona mediante procesos de escorrentía debido a una depresión entre las calles y donde en épocas de lluvias fuertes se presenta inundación de la intersección llegando a subir a nivel del andén de la Universidad francisco de Paula Santander obstruyendo y/o superándolo; esto dificultando el transito principalmente a peatones debido a la dificultad para cruzar estas calles y también a vehículos debido a posibles riesgos que se puedan presentar al transitar por estos niveles de agua tan elevados.



Figura 18.- Problema de inundación en la intersección con la Av. 12E y Cl. 2N

Esto es consecuencia de la falta de capacidad de la evacuación de estas aguas lluvias en la zona lo cual se puede deber a las zonas de infiltración actuales, la capacidad de la estructura de captación y conducción de la intersección o la falta de una estructura alterna que ayude con la recolección y transporte de estas aguas lluvia.

Este sector hace parte del barrio Quinta Oriental con un estrato socio económico de nivel 4, es una zona de tipo habitacional pero debido a la influencia de la Universidad Francisco de Paula Santander hay comercios en las zonas aledañas tales como fotocopiadoras, asesores de proyectos, tiendas de abarrotes, restaurantes, entre otros. También es una zona de demanda habitacional producto de la necesidad de los estudiantes foráneos que buscan un lugar para hospedarse y ejercer sus actividades propias de su labor. Además de esto se encuentran los habitantes de la zona quienes cuentan con un grado cultural alto en su mayoría debido a que se han podido asentar en un buen sector de la ciudad de Cúcuta gracias a su grado de estudio, su desarrollo profesional y/o capacidad para hacer negocios; también siéndoles de gran utilidad a las

personas propias del sector el movimiento económico de la zona y aprovechando esto para su subsistencia y posicionamiento económico.



Figura 19. Puntos de referencia aledaños de la intersección de estudio

Fuente: Google Maps 2019

Esta intersección está ubicada en la ciudad de Cúcuta la cual cuenta con una temperatura promedio entre 24°C y 32°C. La zona de estudio más específicamente está ubicada en el barrio Quinta Oriental en la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N donde colinda por el sur la sede de enfermería y la sede principal de la Universidad Francisco de Paula Santander y por el norte el Colegio Municipal María Concepción Loperena.

2.5. Marco legal

Las primeras legislaciones en Colombia donde aparece el termino SUDS surgen en la ciudad de Bogotá. Más específicamente en el Plan de Ordenamiento Zonal del Norte (POZ Norte), en este plan se buscaban directrices urbanísticas para el desarrollo del plan de ordenamiento territorial (POT) donde se buscaba: velar por la sostenibilidad ambiental, preservar

y reestablecer la estructura original de la zona. Mediante el decreto **043 de 2010** se adopta oficialmente el POZ Norte por parte de la Alcaldía Mayor de Bogotá y donde en el artículo 7 se habla de la consolidación de un sistema de recolección de aguas lluvias y negras integrado al sistema de tratamiento actual del río Bogotá. Donde en este plan se encuentra la incorporación de SUDS para el cumplimiento de los objetivos del POZ Norte.

Luego en el año 2011 se expide la **resolución 6523**, que reglamenta y adopta los SUDS para el POZ Norte; esta resolución reglamenta y adopta lineamientos técnicos para los SUDS en el Norte de la ciudad de Bogotá denotando en el artículo 9 se habla de los porcentajes que debe incluir cualquier proyecto que se desarrolle en esta zona el cual deberá contar con un sistema de control pluvial que cumpla con un 50% de superficies permeables del área total de áreas libres (superficies duras o blandas no techadas). Siendo esto una medida zonal de la se dictamina el **decreto 528 de 2014** que reglamenta el manejo de SUDS para toda la ciudad de Bogotá. (Camargo Ramirez & Lozada Chamorro, 2018, pág. 37)

Ley 373 del 06 de junio de 1997 por el cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua donde en su artículo 1° programa para el uso eficiente y ahorro del agua donde se establece que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro de agua. Por esto se entienden el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Siendo la implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) una alternativa para evitar que las aguas lluvias lleguen a los sistemas de alcantarillado sanitario y así

disminuir la cantidad de aguas residuales que desembocan en los ríos y así contribuir con la preservación y reutilización del recurso hídrico.

Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 “por la cual se adopta el reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0425 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”. En esta resolución en su artículo 153. – Sistemas urbanos de drenajes sostenibles designa que para nuevos desarrollos urbanos, donde se modifiquen las coberturas del suelo se deben tomar medidas para mitigar la impermeabilización en la zona y así mismo el aumento en los caudales de escorrentía. Para esto se deben diseñar sistemas urbanos de drenaje sostenible y reducir en un 25% el caudal pico del hidrograma de crecienta de diseño. Con esto evitar sobrecargas de los sistemas pluviales y posteriores inundaciones, para esto se deben realizar estudios de las condiciones de escorrentía antes y después contra la capacidad de flujo de los cuerpos receptores.

3. Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación según el propósito es de tipo aplicada donde se verán alternativas para el diseño de un sistema urbano de drenaje sostenible para la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N teniendo en cuenta conocimientos adquiridos previamente en las áreas como hidráulica, hidrología, acueductos y procesos sanitarios las cuales hacen parte del currículo de la carrera de Ingeniería Civil donde se abordaron diversos temas de sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario se desarrollaron métodos de diagnóstico y diseño.

Basado en todo esto, tener pautas de observación y diagnóstico para selección de un sistema que se adapte a las necesidades de la intersección y que funcione principalmente para la

evacuación de lluvia en el sector. Según la guía pautas para la elaboración de anteproyectos de la Universidad Francisco de Paula Santander una investigación aplicada es la que “Lleva a la práctica las teorías generales, para resolver las necesidades concretas que se plantea el hombre en su cotidianidad, modificando, manteniendo, reformando o cambiando radicalmente algún aspecto de su realidad social” (Comite curricular Universidad Francisco de Paula Santander, 2019).

Con esto podemos hacer referencia o alusión a los diferentes conocimientos adquiridos en la etapa lectiva de la universidad para que en el ámbito en el que deseamos desarrollar este proyecto y se puedan desarrollar actividades afines que requieran de un conocimiento previo adquirido para el cumplimiento de los objetivos específicos.

Según el nivel es una investigación exploratoria - descriptiva según (Arias, 2006): “La investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto” y la investigación descriptiva “(...) consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.” (Arias, 2006)

Con esto se hace referencia a que los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) no han sido implementados en la ciudad de Cúcuta y sus alrededores así que se busca con la zona de estudio definir unos precedentes donde se estudie cual es el mejor diseño y/o alternativa para intersecciones con problemas de estancamiento de aguas lluvias similares al caso de estudio en la misma ciudad de Cúcuta y en ciudades con características similares en cuanto a ciclos climáticos, temperatura y densidad poblacional y por medio de esto mejorar su funcionamiento mediante la implementación de estos sistemas para con esto indirectamente por la solución del estancamiento ayudar a la preservación del recurso hídrico evitando que se contamine con aceites, residuos de caucho, residuos químicos y basuras. Esto contribuyendo en la búsqueda de normalizar o mejorar el ciclo hidrológico en las urbes y encauzar la ciudad de Cúcuta en esta tendencia mundial.

En la implementación de los estudios requeridos para una buena caracterización se debe describir porqué se realizan estos estudios, su fin, su utilidad para el proyecto además de las cualidades allí encontradas para describir ciertas características y tipologías de la intersección y lograr una adecuada selección entre alternativas de los sistemas urbanos de drenaje sostenible y con ello realizar un diseño adecuado para la intersección y definir qué utilidad va a tener para los locales de la zona y la Universidad Francisco de Paula Santander y poder dejar planteando un diseño y una mejora paisajística para poder ser ejecutada.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población de este proyecto será la red de alcantarillado existente para la ciudad de Cúcuta la cual cuenta con alcantarillado sanitario, combinado y pluvial; denotando que en una gran parte de la ciudad se cuenta solo con alcantarillado sanitario y por ende existe una falta de manejo de las aguas lluvias.

3.2.2. Muestra

Para la muestra se tomará el área de estudio comprendida por la intersección entre la Av. 12E con Cl. 2N y áreas colindantes como el espacio público del sector, las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander.



Figura 20.-Intersección problema de estudio

Fuente: Google Earth Pro

3.3. Instrumentos para la recolección de información

Debido a la investigación donde se deben obtener una base documental y bibliográfica como etapa inicial del proceso las fuentes primarias serán en base a la observación de estudios realizados en la zona y su respectiva interpretación para el proyecto a realizar y las indicaciones dadas por ingenieros expertos en estos temas siendo de mayor interés los referentes a temas hidráulicos e hídricos para así lograr comprender las características de la zona cuando se presentan las lluvias y obtener una buena caracterización del sector. Donde se logre darle solución al problema planteado en el proyecto con la respectiva propuesta de diseño de un sistema urbano de drenaje sostenible que mejore las condiciones de la intersección.

Además de esto se contarán con fuentes secundarias como lo son las herramientas de búsqueda de documentos científicos y aplicativos en otras regiones donde se estén implementando o se hayan diseñado sistemas urbanos de drenaje sostenible para complementar los sistemas de drenaje tradicional. Adicionalmente se utilizaran herramientas que ofrece la

universidad como la Biblioteca Eduardo Cote Lamus en su planta física y virtual además de información de las diferentes fuentes académicas enfocadas en estos temas.

3.4. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Se recopilara información de estudios previos realizados a la zona sus perfiles topográficos y los de la universidad donde se deberán utilizar herramientas para la visualización de la información como Auto-Cad y herramientas de procesamientos de información como Excel además se tendrá información hidrológica e hidrográfica donde se denoten las cualidades de la zona para lograr una adecuada caracterización del área para seleccionar la propuesta de diseño del sistema de drenaje sostenible a emplear.

La presentación de la información de los respectivos estudios para la caracterización de la intersección se realizará mediante estadísticas y gráficos como diagramas de barras, diagramas de dispersión, entre otros según el más indicado para presentar la información de una forma clara y concisa donde se pueda ver con facilidad los precedentes, acontecimientos y características de la zona.

La presentación de los resultados finales se hará mediante comparaciones de las alternativas seleccionadas para la propuesta de diseño y la respectiva justificación de la selección del mismo. Además de especificar los beneficios de que trae el diseño seleccionado del sistema urbano de drenaje sostenible mediante modelamientos, diseño mediante métodos numéricos y/o software. Finalmente se hará un diseño visual o renderizado de la propuesta de diseño para visualizar el resultado final del desarrollo del proyecto.

3.5. Fases y actividades específicas del proyecto

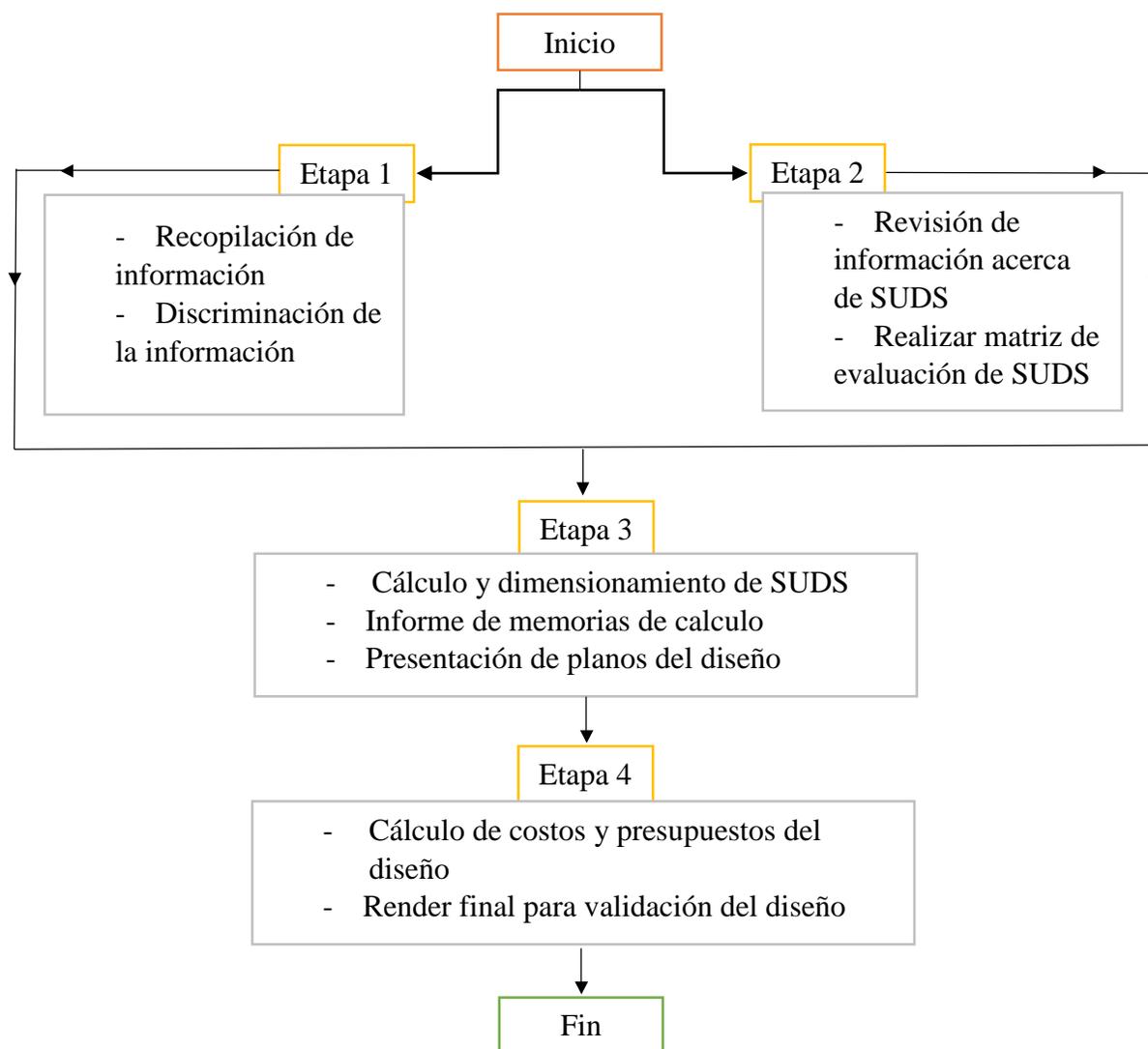


Figura 21. Etapas del proyecto

Fuente: Autores

- **Etapa 1**

- Recopilar de información de la zona de estudio en las entidades competentes ya sean públicas o privadas como Corponor, Aguas Kpital, Secretaria de infraestructura Municipal y la Universidad Francisco de Paula Santander.

- Discriminar la información necesaria para realizar la caracterización de la zona tales como: información referente a la topografía, caudales y capacidad de infiltración del área de estudio.

- **Etapa 2**

- Revisión de la información referente a la aplicabilidad de los sistemas urbanos de drenaje sostenible.

- Realizar una matriz de evaluación mediante un análisis cuantitativo y cualitativo para la selección de la alternativa óptima del SUDS.

- **Etapa 3**

- Realizar los cálculos y dimensionamiento del SUDS seleccionado en la segunda actividad de la etapa 2.

- Realizar el informe de memorias de cálculo las cuales estén bajo el cumplimiento normativo vigente en el país.

- Presentación de planos y detalles constructivos del SUDS óptimo

- **Etapa 4**

- Determinar las cantidades de obra del diseño del SUD

- Realizar los análisis de precios unitarios

- Determinar los costos de las obras hidráulicas propuestas

- Realización de un render de la propuesta final

4. Informe final del proyecto

Para el presente informe se marcaran como sub ítems cada uno de los objetivos específicos y su realización para lograr el desarrollo del objetivo general: “Diseñar un sistema urbano de drenaje sostenible para reducir los niveles de inundación en la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N en la ciudad de Cúcuta Norte de Santander” así llevar a término el proyecto y aportar una alternativa para lograr un adecuado manejo de las aguas lluvias en la ciudad de San José de Cúcuta y más específicamente en la intersección entre la Avenida 12E y Calle 2N teniendo en cuenta a la Calle 2N como un corredor vial de gran importancia, el cual conecta importantes sectores de la ciudad.

4.1. Recolección de información previa para la caracterización de la zona

4.1.1. Análisis topográfico

Para el contrato de consultoría No.423 de 2014 “Consultoría para la elaboración de los estudios y diseños de las obras del colector de aguas lluvias de la Calle 2N, en la ciudad de San José de Cúcuta. Norte de Santander” el cual aborda un polígono delimitado por la Avenida 0, la diagonal Santander, la Avenida los Libertadores y el canal Bogotá; donde dentro de este polígono se encuentra toda la Calle 2N donde está ubicada la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N la cual es el caso particular del presente proyecto; además de esto en las alternativas de diseño comprenden la Calle 2N como corredor para el diseño de uno de los colectores de las alternativas propuestas.

En base de lo descrito anteriormente se toma la topografía realizada para la consultoría. Se determinó el área a drenar en la intersección de 42,787 Ha donde dentro de esta área se

encuentra la Universidad Francisco de Paula Santander, Además en la intersección es donde se presenta el punto más bajo de toda la zona con una curva de nivel de 291,6.

Teniendo en cuenta que la universidad debe diseñar un sistema de alcantarillado para el manejo de las aguas lluvia debido a que hay algunas zonas críticas donde se empozan las aguas y estas no salen de ella; aunque a pesar de que la universidad cuenta con múltiples zonas verdes y esto ayuda al proceso de infiltración pero sin solucionarlo en su totalidad. Se decide no incluir 9,680 Ha que hacen parte de la universidad debido a que se observa que estas aguas lluvias no llegan al punto de estudio. Con esto el área total a drenar por la intersección entre la Avenida 9E y la Calle 2N es de 33,107 Ha.

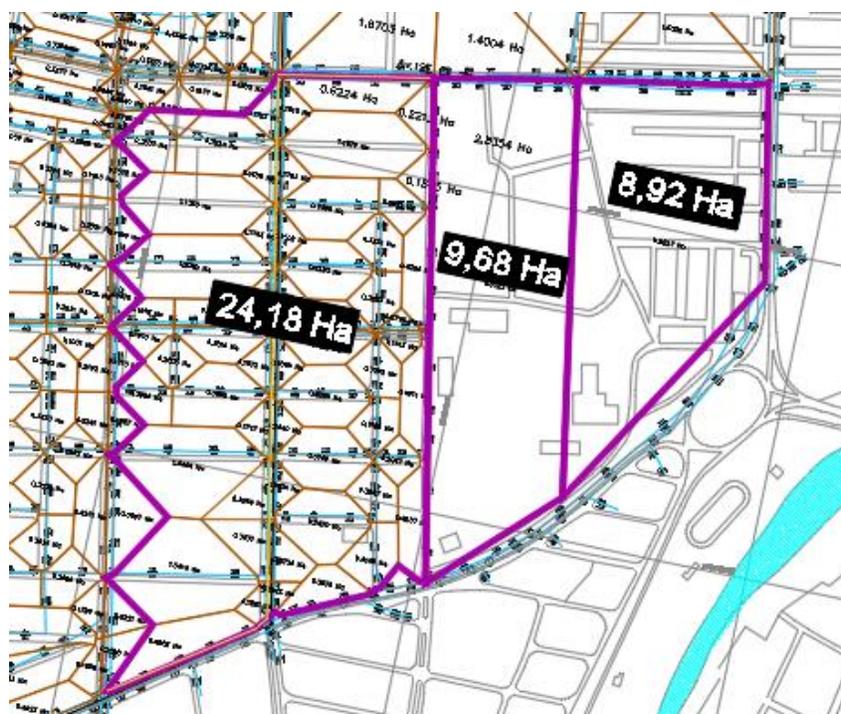


Figura 22. - Aproximación área de drenaje según topografía

Fuente: Topografía estudios previos para el colector Calle 2N

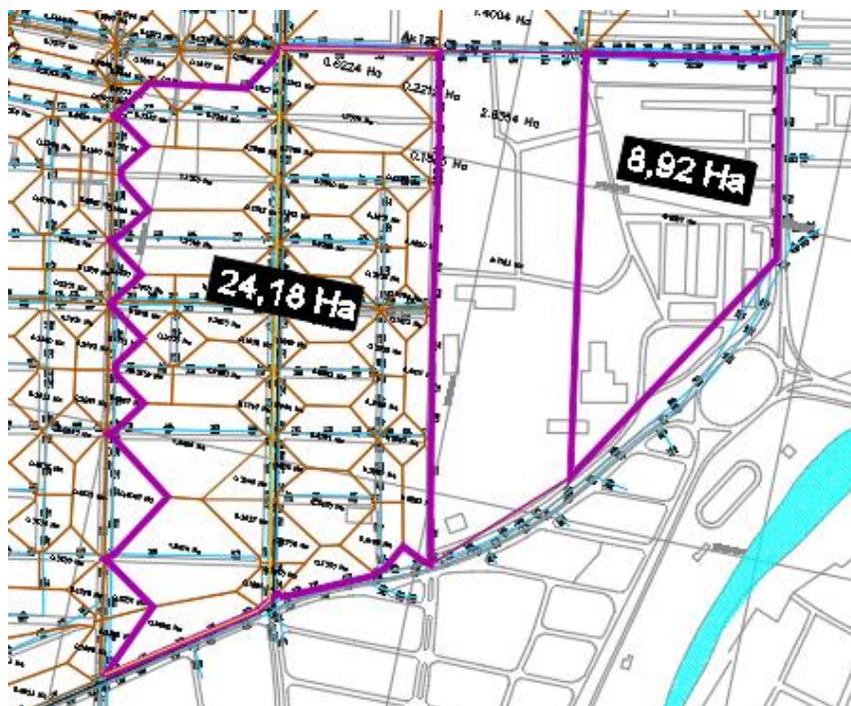


Figura 23. - Áreas tributarias que llegan a la intersección de la Av. 12E y Cl. 2N

Fuente: Áreas tributarias estudios previos para el colector Calle 2N

4.1.2. Factores geotécnicos

Los registros estratigráficos hallados para una data de más de 20 años en estudios geotécnicos locales confirman para la zona presencia de suelos típicos del cuaternario. El perfil superficial de los suelos de la zona, se encuentra dominado por una serie de capas de espesores variables, compuestos por limos arenosos y en algunos casos arena limosa, ocasionalmente materiales de relleno con predominio de tamaños de arena y densidades variables. (Sarmiento, 2004).

Todas estas capas se encuentran apoyadas sobre los depósitos aluviales del Río Pamplonita caracterizado por gravas, arenas con guijarros y cantos rodados de diferentes diámetros. Las capas de sedimentos que subyacen a los depósitos granulares muestran una

litología heterogénea con tendencia hacia los granos y en general exhiben densidades bajas. Los espesores de esas capas oscilan entre 0,0 m y los 2,0 m (Florez Gongora, 2015).

Para el caso específico de la zona de estudio correspondería a la comuna 2 de la ciudad de Cúcuta debido a que la intersección está comprendida en el barrio Quinta Oriental y por su cercanía al río haría parte del valle del Río Pamplonita que por lo general están compuestas por limos arenosos que estarán apoyadas sobre los depósitos aluviales del río generalmente gravas, arenas con guijarros y cantos rodados de diferentes diámetros.

Para la zona, los estudios realizados a partir de la consultoría para la elaboración de estudios y diseños del colector de aguas lluvias en la Calle 2N que va desde niveles superficiales hasta los -3,50m. Se encuentran los siguientes estudios geotécnicos locales donde típicamente se presenta un manto de cantos sub-redondeados en matriz de gravas areno-limosas de densidad media a suelta. Se han medido ángulos de fricción interna (ϕ) del orden de $30^\circ < \phi < 35^\circ$; cohesión no drenada (c_u) de $0,8 \text{ kg/cm}^2$; además se reportan módulos de elasticidad (E) variable, $120 < E < 1000 \text{ kg/cm}^2$; Peso unitario (γ) promedio de 18.2 kN/m^3 ; Relación de Poisson (μ) de 0.35. (Florez Gongora, 2015)

Para este proyecto se analiza lo respectivo a la zona 2 de los estudios y diseños para el colector en la Calle 2N; para caracterizar esta zona se realizaron 13 sondeos mecánicos con profundidades de hasta 5m. Se obtuvo el perfil litológico mostrado en la figura 24.

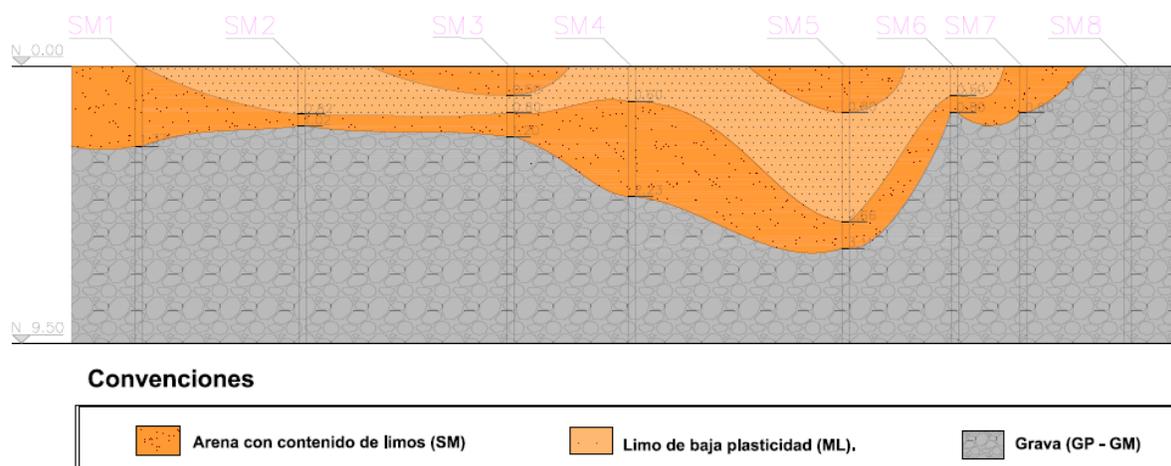


Figura 24. - Perfil litológico de la Calle 2N

Fuente: Anexo 2 estudio geotécnico colector de aguas lluvias de la calle 2N.

En base a esto se realizó una tabla resumen donde se presentan las principales características del sondeo realizado en la intersección (sondeo 4) entre la Avenida 12E y la Calle 2N.

Tabla 1. - Principales características de las perforaciones de la zona

sondeo	coordenadas		cota	profundidad perforada(m)	Principales características del sondeo	referencia
4	N: 7°54'03.26"	O: 72°29'21.33"	298 m	9,73	<p>En el perfil estratigráfico se encontraron arena lodosa de grano fino color marrón moderadamente rojizo, arena de grano medio color naranja moderadamente rosado, arena lodosa de grano grueso color naranja moderadamente rosado, arena grano medio color naranja moderadamente rosado, arena de grano grueso color marrón moderadamente amarillento y arena grano medio color naranja moderadamente rosado principalmente. Posteriormente a los 2.23 metros, el perfil estratigráfico cambia a rocas aluviales composicionalmente arcosas de grano fino color gris amarillento.</p>	la Calle 2 Norte con Avenida 12E, barrio Villas del Prado

En general, las características del material encontrado para la ZONA 2 corresponde a nivel superficial ($0 \leq D_f \leq 2.30$ m) a un material que clasifica según AASHTO como A-4-(8); USC: ML; es decir, limos arenosos de baja plasticidad, con humedades naturales; $w = 9,12\%$; el índice de plasticidad (IP) $\leq 2.50\%$; SPT (N) : $5 \leq N \leq 21$; $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $E = 20 \text{ MPa}$; $c = 5 \text{ KPa}$; $\phi = 15^\circ$; $\mu = 0.3$ (Florez Gongora, 2015).

A nivel profundo ($2.30 \leq D_f \leq 4.0$ m) presenta un material que clasifica según AASHTO como A-1b-(0); USC: SM-SP; GP-GM; $w = 11\%$; SPT(N): $N > 50$; $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$; $c = 5 \text{ KPa}$; $\phi \geq 30^\circ$; $E = 40 \text{ MPa}$; $\mu = 0.3$ (Florez Gongora, 2015).

4.1.3. Factores climáticos e hidrológicos

Los factores climatológicos que afectan la hidrología de la región de estudio se encuentra la temperatura, la humedad del aire, la radiación solar, la evaporación, entre otros.

Para el caso de estudio se presenta una información suministrada por el IDEAM, de la estación climatológica del aeropuerto Camilo Daza. A continuación se presentan los principales valores o características a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto.

La temperatura promedio es de 27.58°C , presentándose la mínima absoluta de 23.20°C en febrero y diciembre, la máxima absoluta de 30.90°C en el mes de septiembre y octubre, esta temperatura corresponde a un piso térmico cálido.

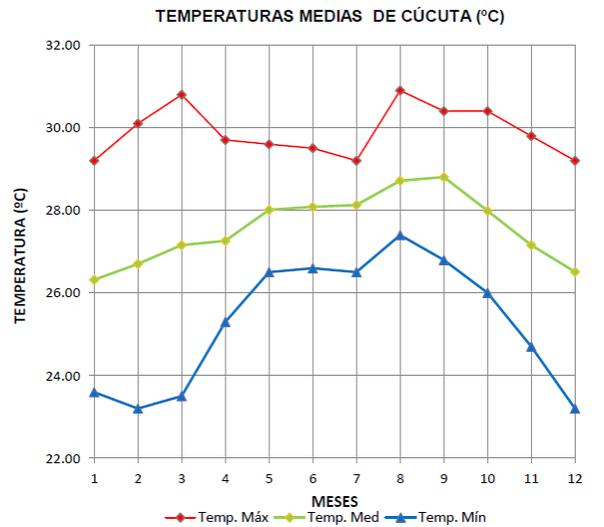


Figura 25. - Temperatura media de la ciudad de Cúcuta

Fuente: IDEAM Periodo: 1941 – 2014

La humedad relativa anual presenta un valor medio de 70.83%, para un valor máximo de 79% (mes de diciembre) y un mínimo de 62% (meses de julio y agosto).

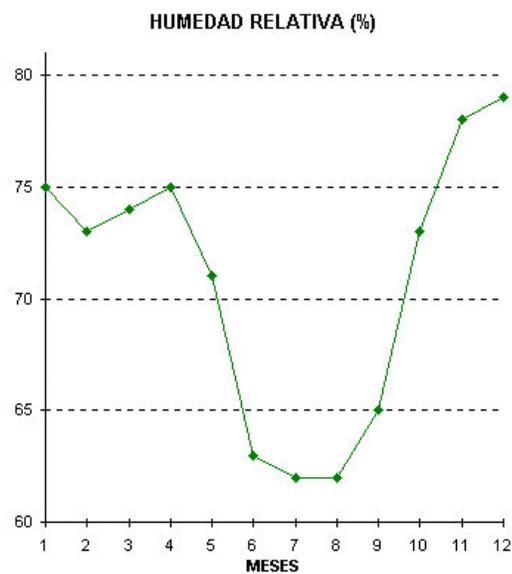


Figura 26. - Humedad relativa promedio mensual de la ciudad de Cúcuta

Fuente: IDEAM Periodo: 1941 - 2012

La precipitación media multianual acumulada de 732.10 mm y la media mensual multianual de 60.99 mm. Las épocas secas van desde diciembre a febrero y desde junio a agosto; las épocas lluviosas van desde marzo hasta mayo y de septiembre a noviembre. El mes más lluvioso es octubre con 111.90 mm.

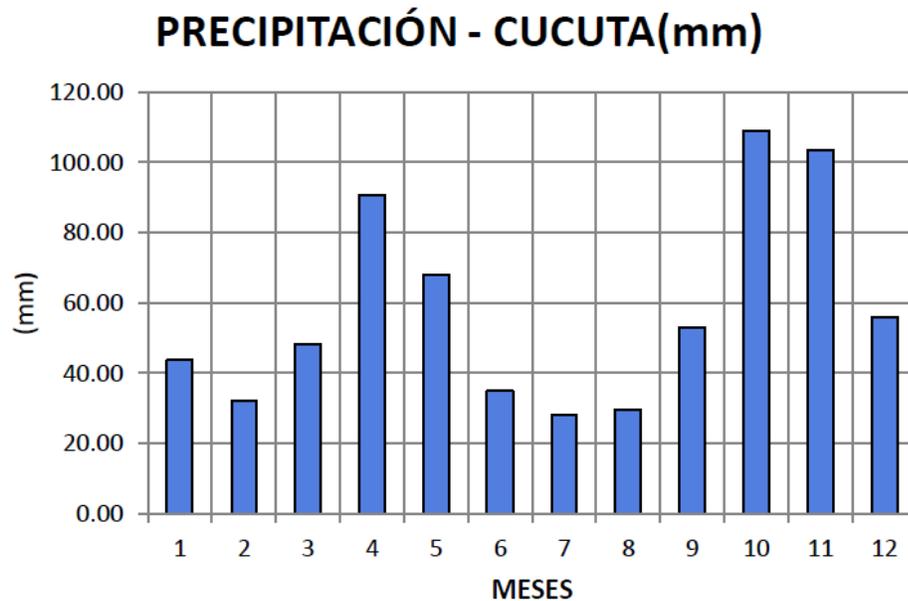


Figura 27. - Precipitación promedio mensual de la ciudad de Cúcuta

Fuente: IDEAM Periodo: 1941 - 2014

La evaporación total tiene un promedio anual de 2190.60 mm presentándose la máxima evaporación mensual en agosto con un total de 307.2 mm (9.91 mm por día); y la mínima se presenta en el mes de noviembre con un total de 68.8 mm (2.23 mm diarios).

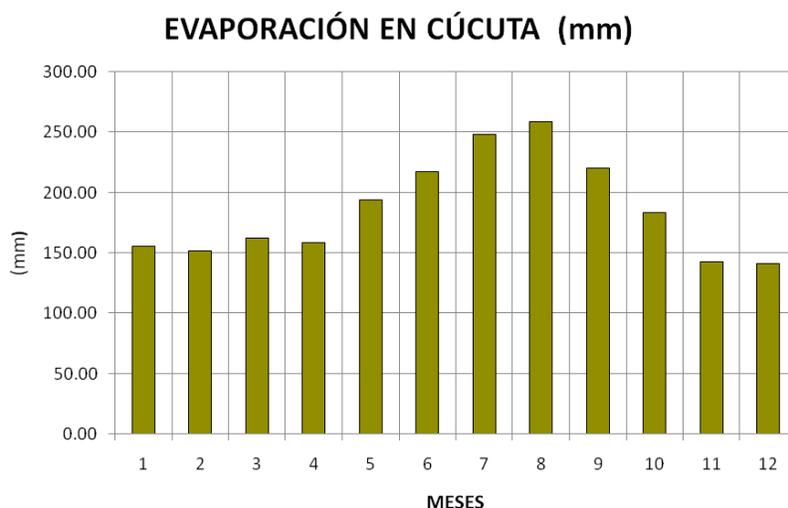


Figura 28. - Evaporación promedio mensual de la ciudad de Cúcuta

Fuente: IDEAM Período: 1973 - 2014

El periodo de septiembre-noviembre es el de mayor precipitación y a su vez el de menor evaporación, por lo tanto, estos meses son los más críticos desde el punto de vista de drenaje para la ciudad y en especial para la zona de estudio al no contar con una estructura adecuada para eliminar y/o transportar estas aguas lluvia estancadas.

Tabla 2. - Principales características de la ciudad de Cúcuta

PRINCIPALES PARAMETROS METEREOLÓGICOS, CÚCUTA												
Medios	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Precipitación	45,90	34,20	49,20	91,30	75,00	34,80	29,60	32,70	54,60	111,90	110,30	62,40
T.max.med	29,20	30,10	30,80	29,90	30,20	29,70	29,20	30,90	30,90	30,40	29,80	29,20
Temperatura	26,40	26,70	27,20	27,30	28,00	28,10	28,10	28,70	28,80	28,00	27,10	26,50
T.min.med	23,60	23,20	23,50	25,30	26,50	26,60	26,50	27,40	26,80	26,00	24,70	23,20
Brillo solar	202,00	167,00	153,00	145,00	180,00	179,00	203,00	217,00	201,00	197,00	189,00	193,00
Evaporación	152,80	148,00	159,30	157,70	188,60	213,30	41,40	252,00	219,70	180,00	140,00	137,80

Fuente: IDEAM

Las curvas Intensidad - Frecuencia - Duración de las lluvias sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de

precipitación con períodos de retorno específicos. El municipio de Cúcuta cuenta con la estación meteorológica 1601501 del aeropuerto Camilo Daza de donde se obtuvieron las curvas IDF certificadas por el IDEAM.

En el siguiente cuadro se encuentran los datos empleados para la elaboración de las curvas IDF de la ciudad de Cúcuta.

Tabla 3. - Datos empleados para generar las curvas IDF de la ciudad de Cúcuta. (Fuente IDEAM)

IDEAM	Relaciones Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF)					
DURACIÓN Minutos	Estación : 1601501 (Aeropuerto Camilo Daza) Número de años analizados : 29					
	PERIODO DE RETORNO, años					
	3	5	10	25	50	100
15	88.6	104.1	123.6	148.2	166.5	184.7
30	68.0	80.3	95.9	115.5	130.0	144.4
60	48.0	58.0	70.4	86.2	97.8	109.4
120	28.9	34.6	41.8	50.9	57.6	64.3
360	11.5	13.6	16.2	19.5	21.9	24.4

Fuente: IDEAM

Donde los valores de intensidad se encuentran en mm/h.

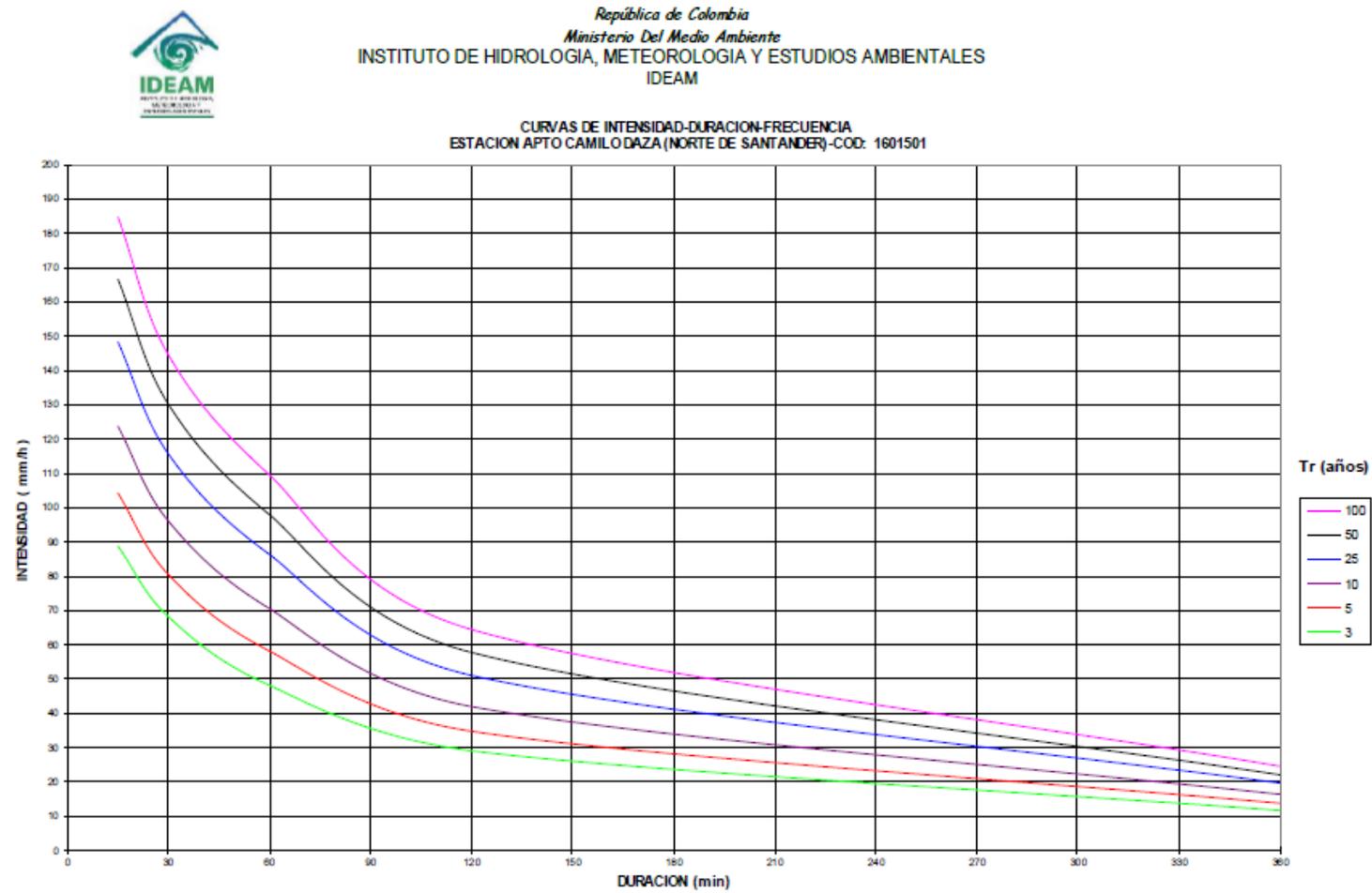


Figura 29. - Curvas IDF para la Estación Camilo Daza de la Ciudad de Cúcuta. (2014)

Fuente: IDEAM

La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de la precipitación dada por las curvas IDF para el período de retorno de diseño definido con base en el literal D.4.3 del RAS el cual fue adoptado por la resolución 0330 de 2017 y se derogaron resoluciones anteriores.

La intensidad de la lluvia es el volumen de agua que se precipita en un tiempo determinado. Para la estimación del caudal pico se debe usar la intensidad media de la precipitación dada por las curvas IDF para un periodo de retorno determinado por lo definido en la tabla 16 de la resolución 0330 de 2017. La duración de la lluvia es equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía donde la duración hace referencia al tiempo comprendido entre el inicio y el final total o visible de la precipitación. Y la frecuencia es el inverso del periodo de retorno.

4.1.4. Análisis hidrológico e hidráulico

Para la determinación de las características de la zona se debe tener en cuenta todos los parámetros que afectan a la intersección y al sector; debido a los tipos de superficies existentes en el sector, las pendientes de las estructuras viales construidas que facilitan la escorrentía superficial, y los porcentajes de área construidos en la zona. Debido a que el grado de urbanización de un sector influye negativamente sobre las superficies permeables y facilita el escurrimiento por tejados y vías que a su vez por una falta de drenaje pluvial circulan por la vía hasta encontrar una ruta de llegar al canal Bogotá o al Río Pamplonita.

Para obtener el caudal que llega a la intersección para el desarrollo del presente proyecto se calculó en base a lo descrito en el artículo 135 de la resolución 0330 de 2017 el cual habla del caudal de agua lluvia mediante el método racional básico permitiendo este

método para áreas de drenaje menores de 80 hectáreas. Para su estimación se debe tener en cuenta el periodo de retorno según la tabla 16 de la resolución mostrada a continuación:

Tabla 4. - (Resolución 0330) - Periodos de retorno o grado de protección

Características del área de drenaje	Periodo de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
<u>Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas</u>	<u>10</u>
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Fuente: resolución 0330 del 2017

Con esto se define la ecuación general del método racional básico como:

$$Q = 2,78 * C * I * A$$

Siendo:

Q= Caudal de diseño (m³/s)

C= Coeficiente de escorrentía

A= Área de drenaje (Ha)

A partir de esto se determina mediante mapas organizacionales de la ciudad donde se ubica la intersección (Avenida 12E con Calle 2N) en la comuna 2 de la ciudad de Cúcuta la cual es de uso residencial-comercial con predominio de zonas duras. Las principales zonas verdes son los escenarios deportivos a cielo abierto de las instituciones como las de la Universidad Francisco de Paula Santander, el Colegio María Concepción Loperena y sus zonas de esparcimiento y embellecimiento; llámense prados, jardines, senderos verdes. Además de los parques aledaños a la zona.

Tabla 5. - Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad (RAS)

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,90
<u>Pavimentos asfálticos y superficies de concreto</u>	<u>0,90</u>
Vías adoquinadas	0,85
<u>Zonas comerciales o industriales</u>	<u>0,90</u>
<u>Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras</u>	<u>0,75</u>
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,3
Laderas sin vegetación	0,6
Laderas con vegetación	0,3
Parques recreacionales	0,30

Fuente: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (tabla D.4.7 RAS)

En base a la anterior tabla (tabla 6) se definen los valores según el RAS en su edición del año 2016 el cual es adoptado por la resolución que está actualmente en vigencia (Resolución 0330 de 2017).

Usualmente para las zonas urbanas se toma un coeficiente de escorrentía de 0,90 el cual es el valor considerado en los estudios realizados por la consultoría para la elaboración de las obras del colector de aguas lluvias de la Calle 2N.

En base a las ecuaciones encontradas en el RAS se calcula un coeficiente de escorrentía diferenciando las zonas duras y blandas de nuestra presente área de estudio de 33,107 hectáreas.

$$C_{prom} = \frac{(\sum C * A)}{\sum A}$$

Donde:

$\sum C * A$ = corresponde a la sumatoria de la multiplicación de una sub-área por un coeficiente de escorrentía determinado

$\sum A$ = corresponde a la sumatoria de las sub-áreas

Tabla 6. - Coeficiente de escorrentía adoptado

Tipo de superficie	Área (Ha)	valor C
Zonas duras	32,26	0,90
Zonas verdes	0,85	0,30
Coeficiente adoptado=		0,885

En el presente estudio se definió un coeficiente de escorrentía de 0,885 calculado en base a un promedio entre las zonas duras de la zona y las zonas verdes existentes en el área de estudio calculadas previamente como una aproximación mediante google earth pro.

Para el cálculo de la intensidad (I) se considera un periodo de retorno de 10 años para tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas definido en la tabla 4 del presente trabajo. Tabla extraída de la resolución 0330 del 2017.

Según el método racional básico antes se debe definir el tiempo de tiempo de concentración el cual se define así en el RAS en la ecuación (D.4.25):

$$T_c = T_e + T_t$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración (min)

T_e = tiempo de escorrentía (min)

T_t = tiempo de recorrido (min)

En este caso el tiempo de recorrido el cual hace alusión al tiempo en que se recorre el tramo de alcantarillado se desprecia debido a que en la zona el transporte del agua lluvia sucede por escorrentía superficial.

De esta forma solo se debió calcular el tiempo de entrada el cual “corresponde al tiempo que le toma al flujo superficial para viajar desde la parte más alejada de la sub-cuenca hasta el punto de entrada o sumidero más cercano a la red de tuberías que conforman el sistema de alcantarillados de aguas lluvias.” (Viceministerio de Agua y Saneamiento, 2016) Para esto previamente se calculó la longitud a recorrer definida por el trayecto que toma el agua lluvia hasta llegar a la intersección (1134,66 m), la pendiente del terreno (0,811%) y el coeficiente de escorrentía (0,885).

Basado en la ecuación de la Administración Federal de Aviación (del inglés Federal Aviation Administration) de los Estados Unidos encontrada dentro de la metodología para el cálculo del caudal por el método racional dentro del título D del RAS en la ecuación (D.4.26):

$$T_e = \frac{0,707 * (1,1 - C) * L^{1/2}}{S_o^{1/3}}$$

Donde:

T_e = Tiempo de entrada (min) (tiempo que tarda en llegar el agua lluvia desde el punto más lejano hasta el punto más bajo del área a drenar)

C= Coeficiente de esorrentía

L= Longitud de recorrido (m) (longitud desde el punto más lejano hasta el punto más bajo del área de estudio)

S_o = Pendiente longitudinal del recorrido (%) (Desde el punto más lejano hasta el punto más bajo del área de estudio)

Con esto se obtienen unos valores para el tiempo de entrada de 25,537 minutos el cual en el método racional se define como el tiempo en que ocurrirá el caudal pico en el punto más bajo del área en este caso la intersección entre la Avenida 12E y la Calle 2N

Luego basados en una interpolación entre los valores de la relación intensidad – duración – frecuencia para los diferentes periodos de retorno se obtiene la intensidad para el proyecto teniendo en cuenta el periodo de retorno según la resolución 0330 es de 10 años.

Tabla 7. - Valores de la Curva IDF

IDEAM	Relaciones Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF)					
DURACIÓN Minutos	Estación : 1601501 (Aeropuerto Camilo Daza) Número de años analizados : 29					
	PERIODO DE RETORNO, años					
	3	5	10	25	50	100
15	88,60	104,10	123,60	148,20	166,50	184,70
30	68,00	80,30	95,90	115,50	130,00	144,40
60	48,00	58,00	70,40	86,20	97,80	109,40
120	28,90	34,60	41,80	50,90	57,60	64,30
360	11,50	13,60	16,20	19,50	21,90	24,40

Fuente: consultoría para la elaboración de los estudios y diseños de las obras del colector de aguas
lluvias de la Calle 2N, en la ciudad de San José de Cúcuta. Norte de Santander

Para determinar el valor de la intensidad con el tiempo de concentración ya calculado, el cual en este caso es el mismo tiempo de entrada al sistema se plantea la utilización de una interpolación cuadrática y se observó en el grafico mediante el uso de los datos de la estación del IDEAM llevados a tablas de Excel y graficado posteriormente.

Para esto se define la ecuación utilizada para los cálculos de los valores de las intensidades según el periodo de retorno:

$$y_x = y_0 * \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x - x_2)} + y_1 \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_0 - x_2)} + y_2 \frac{(x - x_0) * (x - x_1)}{(x_2 - x_0) * (x_2 - x_1)}$$

Donde:

Yx= valor a calcular de la intensidad (según datos del periodo de retorno)

Y_0 = valor de la intensidad en el intervalo con la duración de la lluvia respectivamente menor a la del tiempo de concentración (Tabla 7)

X = valor obtenido del tiempo de escorrentía (T_e) el cual para ser caso es el mismo tiempo de concentración (T_c)

X_0 = duración de lluvia respectivamente menor a la del tiempo de concentración calculado (Tabla 7)

X_1 = duración de lluvia respectivamente mayor a la del tiempo de concentración calculado (Tabla 7)

X_2 = duración de lluvia respectivamente mayor a X_1

Y_1 = valor de la intensidad en el intervalo con la duración de la lluvia respectivamente menor a la del tiempo de concentración (Tabla 7)

Y_2 = valor de la intensidad mayor a Y_1

Con esto se obtienen respectivamente unas intensidades de: $I_3= 74,129$ mm/h, $I_5= 87,381$ mm/h, $I_{10}=104,142$ mm/h.

El caudal resultante por el método racional básico variando el periodo de retorno entre 3, 5 y 10 años fueron los siguientes: $Q_3=6,04$ m³/s; $Q_5=7,11$ m³/s; $Q_{10}=8,48$ m³/s.

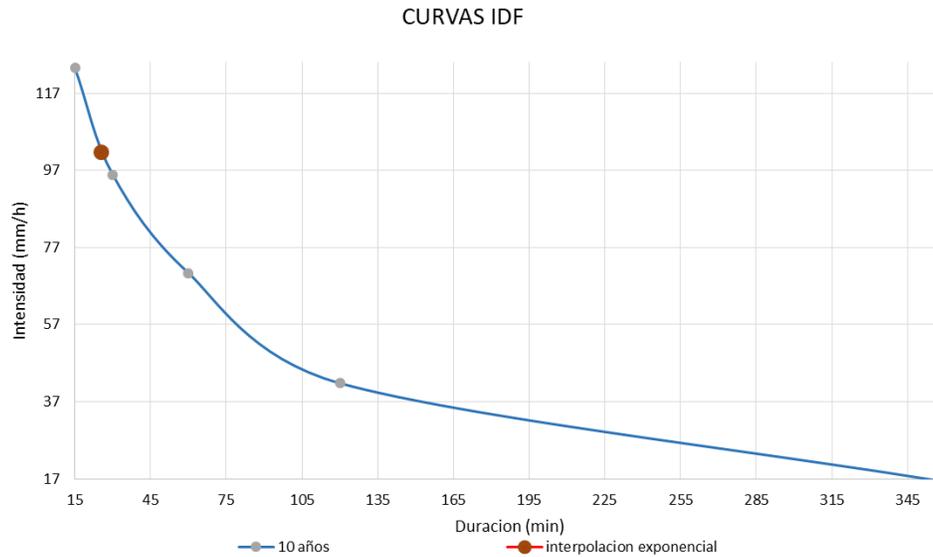


Figura 30. - Ubicación de la intensidad calculada en la curva IDF para un periodo de retorno de 10 años.

Finalmente se hace una comparación con los datos presentados en la consultoría para el diseño del colector en la Calle 2N donde se tiene una área de drenaje con un área mayor a la del presente proyecto pero cual se dividió en sub áreas en base a la escorrentía superficial y en hacia donde se dirigen las descargas obteniéndose caudales para cada sub área, siendo uno de estos datos de interés para hacer una comparación del valor obtenido mediante el método racional básico empleado en este proyecto y el análisis empleado en la consultoría.

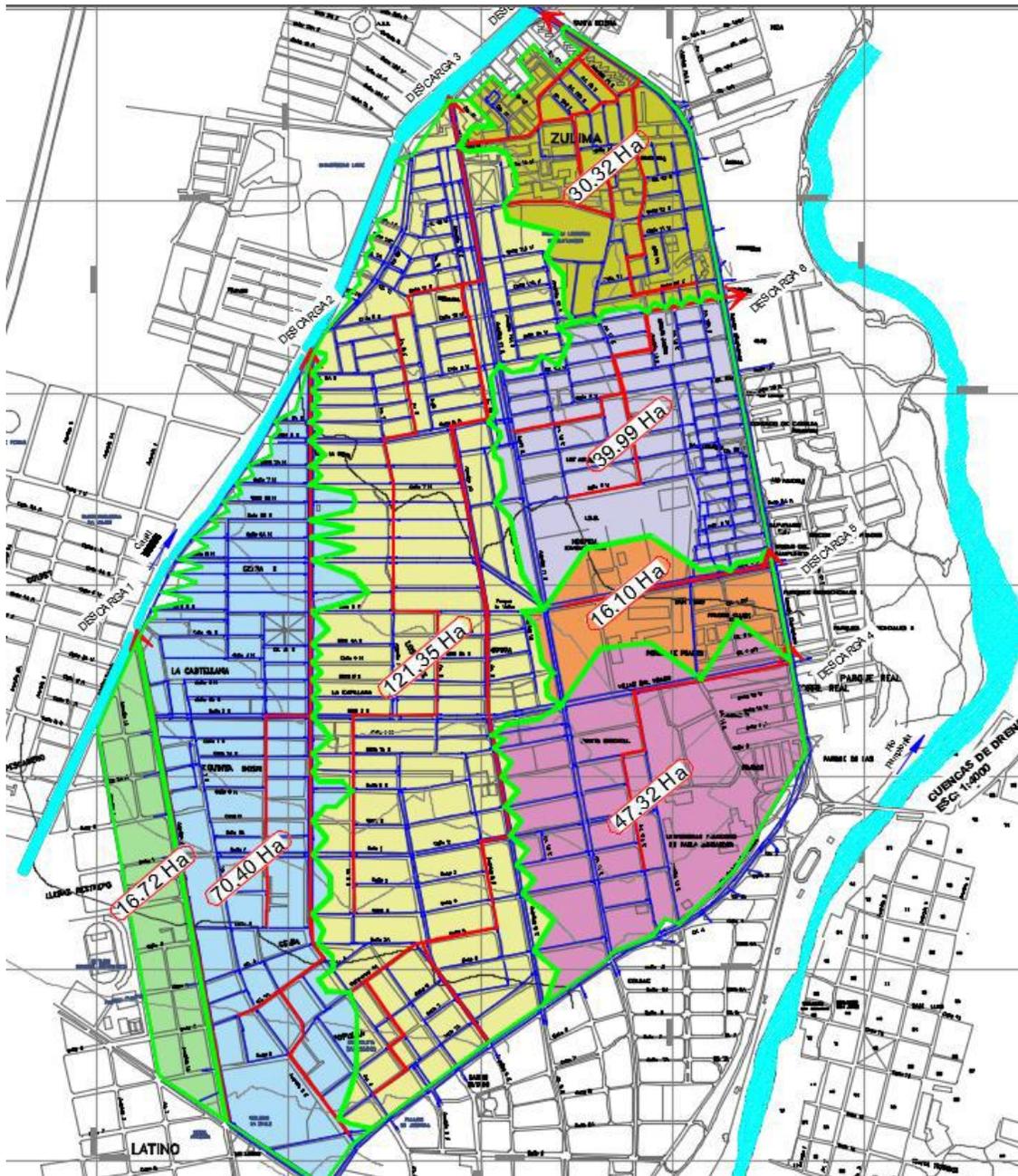


Figura 31, - Áreas de drenaje

Fuente: Consultoría para la elaboración de los estudios y diseños de las obras del colector de aguas lluvias de la Calle 2N, en la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander.

El área correspondiente a la sub área donde se encuentra la intersección es la que en la consultoría responde a la descarga numero 4 la cual tiene un área de 47,32 Ha y el caudal definido para esta área corresponde a 5,31m³/s para un periodo de retorno de 10 años.

Tabla 8. - Caudales pico para diferentes periodos de retorno, según descarga

CAUDALES PICO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO						
# DESCARGA	AREA DE DRENAJE (Ha)	PERIODO DE RETORNO, Tr (AÑOS)				
		5	10	25	50	100
1	16,72	1,73	2,07	2,5	2,82	3,14
2	70,40	1,88	2,07	2,28	2,43	2,55
3	121,35	26,21	32,24	39,36	44,97	49,88
4	47,32	4,98	5,31	5,88	6,38	7,04
5	16,10	19,75	23,71	27,25	27,25	27,35
TOTALES	271,89	0,52	0,87	1,46	1,91	2,48

Fuente: Consultoría para la elaboración de los estudios y diseños de las obras del colector de aguas lluvias de la Calle 2N, en la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander.

La diferencia que se presenta entre el caudal calculado en el presente proyecto y el mostrado en el proyecto del colector se debe a las diferentes metodologías empleadas; para el primero se tomó el método racional básico y el segundo se utilizó EPA SWMM el cual hace un análisis más complejo sobre el comportamiento de la escorrentía y logra hacer una distribución diferente al tenerse sub áreas dentro del proyecto de consultoría para la elaboración de los estudios y diseños de las obras del colector de aguas lluvias de la Calle 2N.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el resultado obtenido a partir del método racional básico al ser este el calculado en base a los datos obtenidos y recopilados para el desarrollo del proyecto apoyados en la resolución 0330 del 2017 donde se valida

este método para áreas menores de 80 hectáreas. Al ser un valor de caudal más alto en comparación al calculado con SWMM, permite un mayor factor de seguridad para el diseño del sistema.

4.2. Definición de alternativas posibles para la implementación en la intersección entre la Avenida 12E y la Calle 2N

Se encontró información comparativa en la publicación “The SUDS manual. C697” publicada en CIRIA.org donde se extraen unas matrices que evalúan los SUDS y los clasifican según su principal característica y/o la forma que utiliza cada alternativa para evacuar las disposiciones de aguas lluvia.

A continuación, se presenta la comparativa según las características físicas del terreno de emplazamiento con las siguientes convenciones:

- (*) simboliza el requerimiento de alguna instalación adicional o condición determinada para su correcto funcionamiento.
- (***) simboliza el no ser necesaria una instalación adicional si el terreno cuenta con una pendiente natural que alcance los valores establecidos para dicha alternativa.
- (NR) significa posible, pero no recomendable.

La siguiente tabla trata el uso de SUDS para las diferentes zonas según la densidad poblacional, tipo de área según las actividades propuestas en este caso por el POT (plan de ordenamiento territorial) para la ciudad de Cúcuta y según ciertas características en cuanto a la infraestructura del sector.

También se hace una caracterización de la viabilidad de los diferentes SUDS en función de los usos del suelo del lugar de instalación:

Tabla 9. - Características físicas del lugar de emplazamiento para la selección de SUDS

Grupo de SDUS	Técnica	Suelo		Área de drenaje para cada técnica independiente		Profundidad del nivel freático		Pendiente		Carga hidráulica		Espacio disponible	
		Permeable	Impermeable	0-2 ha	> 2 ha	0-1 m	> 1 m	0-5 %	> 5 %	0-1 m	1-2 m	Poco	Elevado
Retención	Estanque de retención	Sí	Sí*	Sí	NR	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Almacenamiento subsuperficial	Sí	Sí	Sí	NR	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Humedal	Humedal poco profundo	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí
	Estanque de detención extendido	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí
	Estanque/Humedal	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí
	Humedal pequeño	Sí*	Sí*	Sí*	No	Sí*	Sí*	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
	Humedales con gravas sumergidas	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí
	Humedal en canal	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí*	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No
Infiltración	Zanjas de infiltración	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
	Estanques de infiltración	No	Sí	Sí	NR	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
	Pozos de infiltración	No	Sí	Sí	NR	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Filtración	Filtros de arena superficiales	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí
	Filtros de arena subsuperficiales	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
	Filtros de arena perimetrales	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
	Biorretención	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí
	Zanjas filtrantes	Sí	Sí*	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Detención	Estanques de detención	Sí	Sí*	Sí	NR	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí
Canales abiertos	Cunetas	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No**	Sí	No	No	Sí
	Cunetas secas	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No**	Sí	No	No	Sí
	Cunetas húmedas	Sí*	Sí*	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No**	Sí	No	No	Sí
Control en fuente	Green roof	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Recolección de agua de precipitación	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
	Pavimento permeable	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí

Fuente: The SUDS manual. C697.

La siguiente tabla trata el uso de SUDS para las diferentes zonas según la densidad poblacional, tipo de área según las actividades propuestas en este caso por el POT (plan de

ordenamiento territorial) para la ciudad de Cúcuta y según ciertas características en cuanto a la infraestructura del sector.

Tabla 10. - Usos del suelo en el lugar de instalación de los SUDS

Grupo de SDUS	Técnica	Baja densidad	Zona Residencial	Carreteras locales	Zona comercial	Zonas en construcción	Zonas industriales
Retención	Estanque de retención	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Almacenamiento subsuperficial	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Humedal	Humedal poco profundo	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Estanque de detención extendido	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Estanque/ Humedal	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Humedal pequeño	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Humedales con gravas sumergidas	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Humedal en canal	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Infiltración	Zanjas de infiltración	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Estanques de infiltración	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Pozos de infiltración	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Filtración	Filtros de arena superficiales	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Filtros de arena subsuperficiales	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Filtros de arena perimetrales	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Biorretención	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Zanjas filtrantes	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Detención	Estanques de detención	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Canales abiertos	Cunetas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Cunetas húmedas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Cunetas secas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Control en fuente	Green roof	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
	Recolección de agua de precipitación	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
	Pavimento permeable	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí

Fuente: The SUDS manual. C697

La siguiente tabla nos ayuda a la selección de un SUDS en función del rendimiento en el control de la cantidad y la calidad del agua. Para el proyecto los parámetros más

relevantes de esta tabla es lo referente al control hidráulico debido a que la selección de la alternativa está basada en solucionar el problema de estancamiento del agua lluvia en la intersección; aunque es interesante revisar la capacidad para la eliminación de sólidos disueltos y en suspensión.

Dónde: (A) simboliza alto potencial; (M) medio potencial; (B) bajo potencial y (S/A) Sin aplicación.

Tabla 11. - Rendimiento en el control de la cantidad y calidad del agua

Grupo de SDUS	Técnica	Tratamiento potencial de la calidad del agua					Control hidráulico			
		Eliminación de los sólidos suspendidos totales	Eliminación de metales pesados	Eliminación de nutrientes (fósforo, nitrógeno)	Eliminación de microorganismos	Capacidad para eliminar sólidos disueltos y en suspensión	Reducción del volumen de escorrentía	Idoneidad del control para tormentas de diferente periodo de retorno		
								0,5 años	10-30 años	100 años
Retención	Estanque de retención	A	M	M	M	A	B	A	A	A
	Almacenamiento subsuperficial	B	B	B	B	B	B	A	A	A
Humedal	Humedal poco profundo	A	M	A	M	A	B	A	M	B
	Estanque de detención extendido	A	M	A	M	A	B	A	M	B
	Estanque/ Humedal	A	M	A	M	A	B	A	M	B
	Humedal pequeño	A	M	A	M	A	B	A	M	B
	Humedales con gravas sumergidas	A	M	A	M	A	B	A	M	B
	Humedal en canal	A	M	A	M	A	B	A	M	B
Infiltración	Zanjas de infiltración	A	A	A	M	A	A	A	A	B
	Estanques de infiltración	A	A	A	M	A	A	A	A	A
	Pozos de infiltración	A	A	A	M	A	A	A	A	B
Filtración	Filtros de arena superficiales	A	A	A	M	A	B	A	M	B
	Filtros de arena subsuperficiales	A	A	A	M	A	B	A	M	B
	Filtros de arena perimetrales	A	A	A	M	A	B	A	M	B
	Biorretención	A	A	A	M	A	B	A	M	B
	Zanjas filtrantes	A	A	A	M	A	B	A	A	B
Detención	Estanques de detención	M	M	B	B	B	B	A	A	A
Canales abiertos	Cunetas	A	A	A	M	A	M	A	A	A
	Cunetas húmedas	A	A	M	A	A	B	A	A	A
	Cunetas secas	A	A	A	M	A	M	A	A	A
Control en fuente	Green roof	S/A	S/A	S/A	S/A	A	A	A	A	B
	Recolección de agua de precipitación	M	B	B	B	S/A	M	M	A	B
	Pavimento permeable	A	A	A	A	A	A	A	A	B

Fuente: The SUDS manual. C697

Por último, una tabla para la selección en función de los factores ambientales y sociales; donde para el proyecto es importante la comparación de costos para la selección por medio de una matriz en base a toda la información recolectada darle un juicio de valor a cada alternativa planteada; de allí hacer la selección para el diseño de la mejor alternativa para la intersección en cuestión.

Dónde las convenciones en la tabla son: (A) Alto potencial (M) Medio potencial, (B) Bajo potencial

Tabla 12. - Factores ambientales y sociales

Grupo de SDSU	Técnica	Mantenimiento	Aceptación de la comunidad	Coste	Potencial de creación de hábitats
Retención	Estanque de retención	M	A	M	A
	Almacenamiento subsuperficial	B	A	M	B
Humedal	Humedal poco profundo	A	A	A	A
	Estanque de detención extendido	A	A	A	A
	Estanque/ Humedal	A	A	A	A
	Humedal pequeño	A	M	A	A
	Humedales con gravas sumergidas	M	B	A	M
	Humedal en canal	A	A	A	A
Infiltración	Zanjas de infiltración	B	M	B	B
	Estanques de infiltración	M	A	B	M
	Pozos de infiltración	B	M	M	B
Filtración	Filtros de arena superficiales	M	B	A	M
	Filtros de arena subsuperficiales	M	B	A	M
	Filtros de arena perimetrales	M	B	A	M
	Biorretención	A	A	M	A
	Zanjas filtrantes	M	M	M	B
Detención	Estanques de detención	B	A	B	M
Canales abiertos	Cunetas	B	M	M	M
	Cunetas húmedas	M	M	M	A
	Cunetas secas	B	M	M	M
Control en fuente	Green roof	A	A	A	A
	Recolección de agua de precipitación	A	M	A	B
	Pavimento permeable	M	M	M	B

Fuente: The SUDS manual. C697

De las clasificaciones dadas por las tablas anteriores de tipos de SUDS los más recomendables son los de los grupos de retención, infiltración y control en fuente debido a que esto es lo que se está buscando como objetivo para la intersección entre la Avenida 12E con Calle 2N donde debido a la topografía del sector y el diseño de las vías se estancan aguas lluvias y subiendo sus niveles casi al punto de dejar la vía inhabilitada y obstaculizando el libre tránsito de peatones, ciclistas, motociclistas, conductores de vehículos pequeños, entre otros a los cuales el nivel de agua les impida el tránsito y o cruce por la intersección. Además buscando la preservación de la estructura vial existente en la zona para lograr que estas alternativas sean económicas, duraderas y que aporten a la ciudad en cuanto a alternativas para la eliminación de puntos críticos por el estancamiento de aguas lluvias.

Para la selección del tipo de sistema urbano de drenaje sostenible se utilizó el software SuperDecisions que implementa el proceso de jerarquía analítica (AHP), con el cual se analizaron los cuatro criterios fundamentales: técnico, económico, ambiental y la amenaza. Cada uno de estos criterios tiene unos sub-criterios basados en la información recolectada de los estudios hechos en el manual ‘‘The SUDS manual. C697’’ enfocándonos en las características de la intersección y los espacios disponibles para la implementación de dichos SUDS. Esto ayuda a darles una calificación en el programa, la cual está basada en la importancia o jerarquía de cada uno de estos con respecto a los demás.

Al momento de establecer estas jerarquías se debe tener en cuenta un margen de inconsistencia lo que hará más precisa la selección, para ello se recomienda que esta inconsistencia sea menor a 0,1.

Esquema realizado en SuperDecisions para la selección

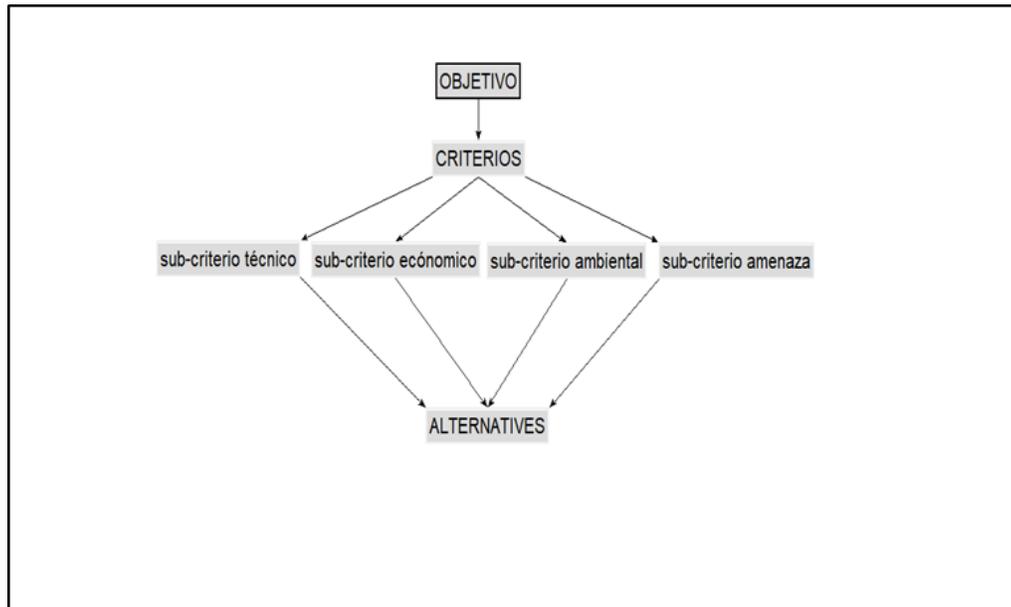


Figura 32. Esquema planteado para la selección de SUDS

En el esquema mostrado, se ilustra el orden jerárquico para la selección, cada ventana posee nodos en los cuales se escriben los nombres o criterios de cada ventana.

Tabla 13. - Criterios y sub-criterios establecidos en SuperDecisions

Ambiental	creación de nuevas zonas verdes y o superficies de permeables
	Detención de actividades comerciales
	Detención de actividades institucionales
	Contaminación auditiva durante la ejecución de la obra
	Contaminación por el polvo y/o partículas suspendidas en el aire
	Contaminación por el material de retiro
	Riesgo de accidentes por el volumen de tráfico desviado a las vías alternas
	Afectación en las raíces de los individuos arbóreos
Amenaza	Amenaza Alta persistente después de la alternativa de solución
	Amenaza Media persistente después de la alternativa de solución
	Amenaza Baja persistente después de la alternativa de solución
Económico	Disponibilidad de materiales en la construcción
	Costo directo
	tiempo de ejecución
	Costo por excavaciones
	Rendimiento
	Requerimiento de personal calificado para llevar a cabo la construcción
	Costo por reposición del pavimento
Técnico	Capacidad para la retención de los aportes pluviales mientras se eliminan en el suelo
	Disminución de la escorrentía superficial
	Espacio suficiente para la implementación de dicho SUDS
	Daño a edificaciones y obras civiles en cercanías a los tramos a intervenir
	Interrupción en la prestación de los servicios públicos
	Reubicación de redes de acueducto y redes sanitarias existentes
	Interferencia con predios privados y servidumbre
	Manejo del nivel freático
	Disponibilidad para la adecuación de vías alternas para evacuar el tránsito obstruido

Las alternativas evaluadas en el programa fueron: Depósitos enterrados de Detención, cuenca seca de drenaje extendido, cunetas verdes, estanques o pozos de infiltración, pavimentos permeables, zanjas de infiltración y zonas o áreas de bio-retención.

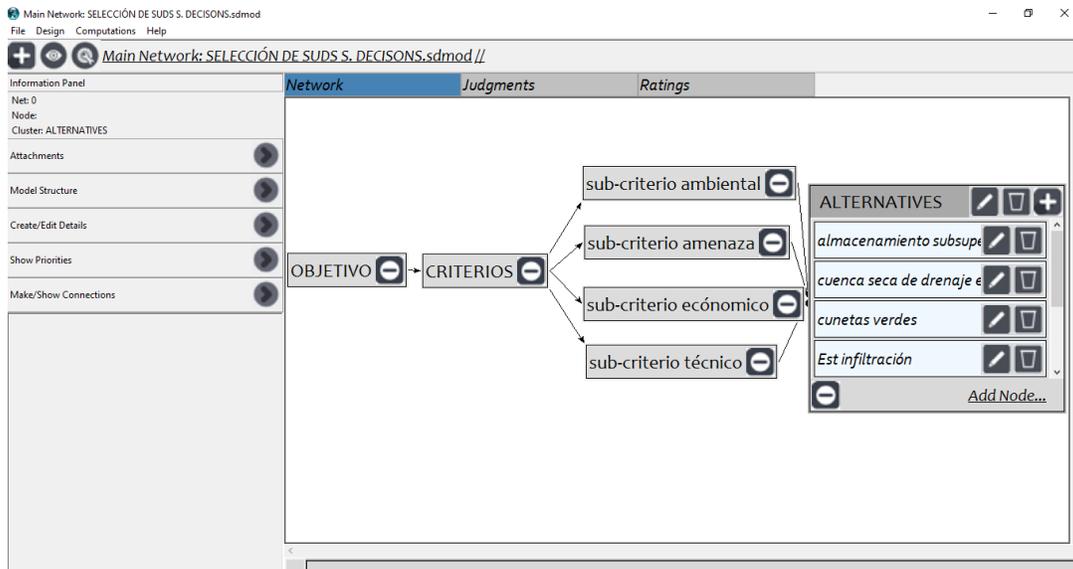


Figura 33. - Alternativas ingresadas en SuperDecisions

Luego de ingresar los elementos a evaluar se les da un valor de importancia de cada alternativa respecto de las demás basados en la información bibliográfica y los criterios de ingeniería más apropiados para la intersección y las estructuras existentes; manteniendo el margen de inconsistencia por debajo de 0,1.

Information Panel

Network

Judgments

Ratings

1. Choose

2. Node comparisons with respect to Capacidad para la re~

3. Results

Node Cluster

Choose Node

Capacidad para~

Cluster: sub-criterio té~

Choose Cluster

ALTERNATIVES

Restore

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons with respect to "Capacidad para la retención de los aportes pluviales mientras se eliminan al suelo" node in "ALTERNATIVES" cluster

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
1. cuenca seca ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
2. cuenca seca ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
3. cuenca seca ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
4. cuenca seca ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
5. cuenca seca ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
6. cuenca seca ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
7. cunetas verd~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
8. cunetas verd~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
9. cunetas verd~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
10. cunetas verd~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
11. cunetas verd~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
12. depositos en~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc
13. depositos en~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	Nc

Inconsistency: 0.04196

cuenca se~ 0.089

cunetas v~ 0.073

depositos~ 0.108

Est infil~ 0.179

pavimento~ 0.239

zanjas de~ 0.164

áreas de ~ 0.145

Completed Comparison

Copy to clipboard

Figura 34. - Comparación de las alternativas asignando valores de importancia en SuperDecisions

Una vez realizados estos pasos, se sintetiza para mostrar el resultado del análisis en forma de gráfica de las alternativas propuestas.

New synthesis for: Main Network: SELECCIÓN DE SUDS ...

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Main Network: SELECCIÓN DE SUDS S. DECISIONS.sdmod

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
cuenca seca de drenaje extendido		0.699415	0.116727	0.0389
cunetas verdes		0.831759	0.138814	0.0462
depositos enterrados de detención		0.856393	0.142925	0.0476
Est infiltración		1.000000	0.166892	0.0556
pavimentos permeables		0.890304	0.148584	0.0495
zanjas de infiltración		0.921991	0.153873	0.0512
áreas de biorretención		0.792050	0.132187	0.0440

Okay Copy Values

Figura 35. Resultado grafico de la evaluación de las alternativas en SuperDecisions

4.3. Diseño del Sistema Urbano para la Avenida 12E con Calle 2N

4.3.1. Cálculos para determinar el área de infiltración

Para el diseño la mejor alternativa para el sector fueron los pozos de infiltración; esto en base a los resultados del proceso analítico jerárquico en SuperDecision. Se diseñó un sistema de captación y transporte de aguas lluvia hacia el sector de la Universidad Francisco de Paula Santander debido al gran caudal, el poco espacio en la intersección y la infraestructura existente. Dado que allí existe una gran zona verde la cual podemos aprovechar para dicho fin para el posicionamiento del área de infiltración.

Inicialmente se hizo un análisis hidrográfico de los datos recolectados para así obtener la intensidad; y con esto obtener el caudal por el método racional; además se hizo un análisis entre diferentes intervalos de tiempo observando el cambio en los caudales y obtener un volumen de agua lluvia a recolectar en 60 minutos y así obtener información para diseñar la captación, transporte y capacidad del sistema mientras el agua es filtrada. Se toma como volumen de lluvia a almacenar el cual se genera para una lluvia de 25,537 minutos donde se considera que se da el caudal pico en la intersección según el método racional básico.

Tabla 14. - Análisis del caudal para diferentes intervalos

TR=10 años					
Intervalo (min)	Intensidad (mm/h)	C	A drenaje (Ha)	Q lluvia (m ³ /s)	V lluvia (m ³)
15	123,600	0,8846	33,107	10,063	9056,521
20	114,367			9,311	11173,291
25	105,133			8,559	12839,027
25,537	104,142			8,479	12991,103
30	95,900			7,808	14053,727
35	91,650			7,462	15669,393
40	87,400			7,116	17077,452
45	83,150			6,770	18277,905
50	78,900			6,424	19270,752
55	74,650			6,078	20055,992
60	70,400			5,732	20633,627

Ya con un volumen de agua lluvia; sienta este el correspondiente al tiempo de escorrentía de 25,537 min donde se produce el caudal máximo en la intersección según el método racional básico mostrado en la tabla 14 con un valor de 12991,103 m³ se toma una conductividad hidráulica del suelo en base a la tabla de valores típicos de conductividad hidráulica para suelos saturados (Tabla 15).

Tabla 15. - Valores típicos de conductividad hidráulica para suelos saturados

Valores típicos de conductividad hidráulica para suelos saturados	
Tipo de suelo	k(cm/s)
Grava limpia	100 - 1
Arena gruesa	1,0 - 0,01
Arena fina	0,01 - 0,001
Arcilla limosa	0,001 - 0,00001
Arcilla	<0,000001

Fuente: fundamentos de ingeniería geotécnica 4ª edición.

Según la información para los diseños del colector en la Calle 2N realizados previamente correspondiente a los informes geotécnicos en el sondeo número 4 de la zona 2 se encontraron principalmente arenas de varios tipos hasta los 2,23 metros donde cambia a rocas aluviales composicionalmente arcosas de grano fino color gris amarillento.

Teniendo en base este volumen de lluvia para el periodo de tiempo de 25,537 minutos; y con un coeficiente de conductividad (Tabla 15) se puede definir un volumen de infiltración según el área filtrante destinada para este fin.

Para el diseño de los tanques de infiltración planeados se toma un coeficiente de infiltración del suelo partiendo de los valores dados para las gravas ya que el sistema se va a apoyar sobre el material aluvial existente a los 2,23 m en la zona. Al no tener mucha literatura sobre la infiltración del material aluvial se toma un valor a criterio de 0,05 m/s.

De esta forma, se puede definir ya el caudal de infiltración como el resultado de la siguiente expresión siendo esta la ecuación de Darcy:

$$Q_i = k * i * A$$

Donde:

Q_i = es el caudal de infiltración en m^3/s

k = es el coeficiente de infiltración en m/s

A = es el área empleada para la infiltración en m^2

i = gradiente hidráulico

Conociendo el caudal y la conductividad hidráulica se calcula un área de drenaje que logre absorber estos volúmenes de agua, analizándose para el tiempo donde ocurre el caudal pico en la intersección y también teniendo en cuenta la lluvia de 60 minutos por si este fenómeno ocurriese.

En este caso en la intersección se desea que se absorban los volúmenes de lluvia para el caudal pico en ese punto específico del área de drenaje a fin de evitar láminas de agua excesivas mientras el agua es transportada y filtrada por el sistema seleccionado, por este motivo el área de drenaje deber ser lo suficientemente capaz de captar los volúmenes de lluvia generados.

En la tabla 14 se observa que para el intervalo de tiempo donde se presenta el caudal pico con un área filtrante ubicada sobre el material aluvial presentado en los perfiles litológicos del sector y con una conductividad hidráulica de $0,05 m/s$ adoptada en base a literatura y criterio en base a las características morfológicas de la zona se logran filtrar $8,7 m^3/s$ en un área definida para el SUDS de $174 m^2$ de material aluvial de grano fino sin nivel freático. Con esto se logra que el sistema tenga una buena confiabilidad debido a que logra filtrar un poco más del caudal pico ($8,48 m^3/s$) de lluvia en el punto planteado para la recolección del agua lluvia.

Tabla 16. - Cálculo de caudal y área filtrante para la interacción entre la Av. 12E y la Calle 2N

TR = 10 años									
Intervalo (min)	Intensidad (mm/h)	C	K (m/s)	Adrenaje (Ha)	ASUDS (m ²)	Q lluvia (m ³ /s)	V lluvia (m ³)	Q filtrado (m ³ /s)	V filtrado (m ³)
15	123,60	0,885	5,E-02	33,107	174	10,06	9056,52	8,70	7830,00
20	114,37					9,31	11173,29	8,70	10440,00
25	105,13					8,56	12839,03	8,70	13050,00
25,537	104,142					8,48	12991,10	8,70	13330,31
30	95,90					7,81	14053,73	8,70	15660,00
35	91,65					7,46	15669,39	8,70	18270,00
40	87,40					7,12	17077,45	8,70	20880,00
45	83,15					6,77	18277,91	8,70	23490,00
50	78,90					6,42	19270,75	8,70	26100,00
55	74,65					6,08	20055,99	8,70	28710,00
60	70,40					5,73	20633,63	8,70	31320,00

Ya conociendo el área que debe ser destinada para los tanques de infiltración, se debe seleccionar la alternativa para transportarse hacia la universidad donde existe el espacio necesario para infiltrar el volumen de lluvia que llega a la intersección de estudio para luego definir las dimensiones que más se adapten para la zona y la forma de transporte del agua lluvia en la zona.

A continuación, se presenta una gráfica circular comparando el volumen de lluvia infiltrado contra el volumen de escorrentía generado por una lluvia de 60 minutos donde se observa que el caudal filtrado por el sistema es mayor comparado con el caudal que llega al punto de recolección dejando el porcentaje de lluvia de escorrentía en números negativos.

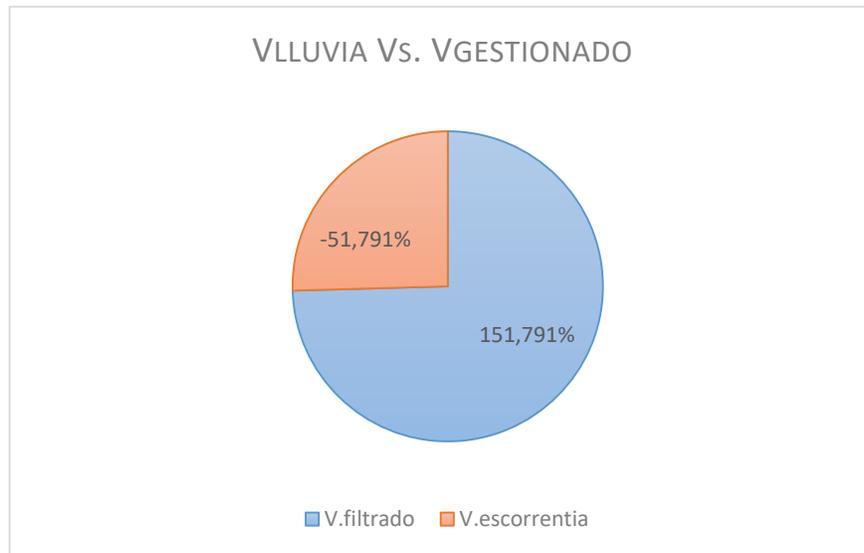


Figura 36. Comparación porcentual entre el volumen filtrado y el volumen de lluvia generado por escorrentía

4.3.2. Cálculos para el diseño de la de la captación

4.3.2.1. Cálculo de las dimensiones de rejilla

Para la recolección del agua lluvia se pensó en rejillas laterales en la intersección y con garantizar mayor durabilidad al evitar el cruce de vehículos por encima de estas como pasa en las rejillas ubicadas perpendiculares al eje de la vía, aunque con esto haya una disminución en el ancho de la vía pero esto ayuda a conservar la estructuras allí existentes y con esto mismo reducir los costes del proyecto.

Para la captación del caudal se diseñaron rejillas en base a la ecuación de diseño para elementos de acueducto y alcantarillados (diseño de sumidero de cuneta).

$$Q = 1,65 * Le * H^{3/2}$$

Al tener como variable desconocida el perímetro de la rejilla (Le), se obtiene la siguiente ecuación a partir del despeje de la ecuación original:

$$Le = \frac{Q}{1,65 * H^{3/2}}$$

En donde:

Le = perímetro de la rejilla (m)

Q = Caudal captado por el sumidero (m^3/s)

H = Profundidad sobre la rejilla (m), menor de 12 cm establecido para la ecuación

Para el cálculo del perímetro de la rejilla tenemos un caudal de $8,48 m^3/s$; y como profundidad sobre la rejilla se toma un valor de 10 centímetros (0,10m), lo cual sería el valor máximo que estaría la lámina de agua mientras estos volúmenes son transportados por el sistema. Así obtenemos un valor de 162,503 metros para el perímetro de la rejilla

Luego se estableció un porcentaje de obstrucción del 50% para la rejilla, en representación del área que ocupan las barras oblicuas que evitan grandes espacios vacíos que ocasionen accidentes en los usuarios de la vía y también a las basuras que pueden llegar y obstaculizar el paso del agua a través de estas, una vez tomado este porcentaje se recalcula la longitud real de la rejilla.

$$P = \frac{Le}{1 - (\% \text{ de obstrucción})}$$

En donde:

P = perímetro real de rejilla (m)

Le = perímetro de rejilla (m)

Donde como resultado se obtiene como perímetro real de la rejilla debido a las obstrucciones tomadas en cuenta de 325 metros. Se decidió dividir esta longitud en 10 para obtener tramos de rejilla de mínimo 32,5 metros con secciones transversales de 0,60m de ancho y 31,3m (longitudes efectivas) y con esto tener un perímetro de 32,32m.

4.3.2.2. Cálculo del canal

Posteriormente se diseña el canal de transporte hacia las tuberías, para esto se deben cumplir parámetros hidráulicos utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-white; validadas por el RAS.

$$Q = -2 * A * \sqrt{8 * R * g * S} * \log \left(\frac{ks}{14,8 * R} + \frac{2,51\gamma}{4 * R * \sqrt{8 * R * g * S}} \right)$$

En donde:

A = Área mojada (m)

Ks = Rugosidad absoluta (m)

R = Radio hidráulico (m)

γ = Viscosidad cinemática (m²/s)

S = Pendiente (%)

g = Gravedad (m/s²)

Para el cálculo de la lámina de agua se tomó una rugosidad absoluta (Ks) de 3,6x10⁻⁴m y una viscosidad cinemática (γ) de 1,10x10⁻⁶ m/s². A su vez se deben cumplir con los siguientes parámetros de acuerdo a lo establecido en el RAS.

Velocidad (m/s) = 0,6 ≤ V ≤ 12,5

Número de froude = Nf < 0,9 o Nf > 1,1

Cortante (Pa) = T ≥ 3,0

Tabla 17. - Cálculo de la lámina de agua y verificación de parámetros de diseño

L	cotas rasantes		Sw	Yn	A	P	R	Q	V	T	D	NF	t
	(m)	inicial											
31,3	0,54	0,7	0,5	0,54	0,32	1,68	0,19	848,00	2,61	0,6	0,54	1,14	9,46
2,3	0,54	0,6	2	0,05	0,03	0,70	0,04	62,09	2,14	0,6	0,05	3,10	8,17
29	0,55	0,7	0,5	0,51	0,30	1,61	0,19	785,68	2,58	0,6	0,51	1,16	9,25
25,38	0,54	0,7	0,5	0,46	0,27	1,51	0,18	688,02	2,52	0,6	0,46	1,19	8,87
5,92	0,54	0,6	1	0,12	0,07	0,83	0,08	160,36	2,29	0,6	0,12	2,14	8,23

Tabla 18. - Valores Típicos de Coeficientes de Rugosidad

Material	Coeficiente de Manningn	Coef. Hazen-Williams C _H	Coef. Rugosidad absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0,011	140	0,0015
Latón	0,011	135	0,0015
Tabique	0,015	100	0,6
Fierro fundido (nuevo)	0,012	130	0,26
Concreto (cimbra metálica)	0,011	140	0,18
Concreto (cimbra madera)	0,015	120	0,6
Concreto simple	0,013	135	0,36
Cobre	0,011	135	0,0015
Acero corrugado	0,022	--	45
Acero galvanizado	0,016	120	0,15
Acero (esmaltado)	0,01	148	0,0048
Acero (nuevo, sin recubrimiento)	0,011	145	0,045
Acero (remachado)	0,019	110	0,9
Plomo	0,011	135	0,0015
Plástico (PVC)	0,009	150	0,0015
Madera (duelas)	0,012	120	0,18
Vidrio (laboratorio)	0,011	140	0,0015

Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods

Tabla 19. - Valores típicos de la viscosidad del agua

Unidades SI						
Temperatura (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad μ (N-s/m ²)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)	Tensión superficial σ (N/m)	Presión de vapor (Kpa)	Módulo de volumen B (Pa)
0	999.9	1.792 x 10 ⁻³	1.792 x 10 ⁻⁶	0.0762	0.610	204 x 10 ⁷
5	1000.0	1.519	1.519	0.0754	0.872	206
10	999.7	1.308	1.308	0.0748	1.13	211
15	999.1	1.140	1.141	0.0741	1.60	214
20	998.2	1.005	1.007	0.0736	2.34	220
30	995.7	0.801	0.804	0.0718	4.24	223
40	992.2	0.656	0.661	0.0701	3.38	227
50	988.1	0.549	0.556	0.0682	12.3	230
60	983.2	0.469	0.477	0.0668	19.9	228
70	977.8	0.406	0.415	0.0650	31.2	225
80	971.8	0.357	0.367	0.0630	47.	221
90	965.3	0.317	0.328	0.0612	70.1	216

Fuente: Compilado de tablas, Universidad Nacional del Cuyo, Argentina

4.3.3. Cálculos para el diseño de la conducción

4.3.3.1. Diseño de las tuberías

Posteriormente se realizó el cálculo para las tuberías correspondientes a cada canal y a su vez la ubicación de pozos de inspección para conectar dichas tuberías y hacer nuevas conexiones.

De igual manera que los canales, en las tuberías se debe cumplir con los siguientes parámetros:

- El diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado y pluvial es 260 mm (artículo 148 de la resolución 0330 de 2017),

- La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado pluvial o combinado es aquella que genere un esfuerzo cortante mínimo de 2,0 MPa
- Velocidad máxima de 5 m/s; pero según el párrafo del artículo 150 de la resolución 0330 de 2017 para colectores de gran diámetro superiores o iguales a 600 mm o caudales de flujo superiores a 500 l/s la velocidad máxima podrá ser de 10 m/s.
- El valor máximo permisible de la profundidad de flujo para el caudal es de 93% del diámetro interno real de este, correspondiente a flujo lleno. (Artículo 151 de la resolución 0330)

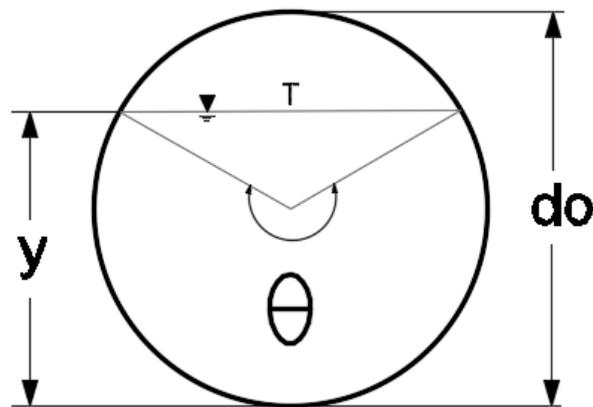


Figura 37. - Propiedades geométricas de un canal circular

En base a las propiedades geométricas de los ductos se tienen las siguientes ecuaciones para ser remplazadas en la ecuación de Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-white:

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{2Y}{d} \right)$$

En donde:

Θ = Angulo subtendido entre el centro de la sección transversal y los puntos de contacto entre la superficie libre y la circunferencia de la tubería (rad).

y = profundidad del agua (m).

d = diámetro interno real de la tubería (m).

$$A = \frac{d^2}{8} (\Theta - \sin \Theta)$$

En donde:

A = área mojada transversal (m^2).

d = diámetro interno real de la tubería (m).

Θ = Angulo subtendido entre el centro de la tubería y la superficie libre (rad).

$$P = \frac{1}{2} \Theta d$$

En donde:

P = Perímetro mojado de la sección de flujo (m).

d = Diámetro interno real de la tubería (m).

Θ = Angulo subtendido entre el centro de la tubería y la superficie libre (rad).

$$R = \frac{d}{4} \left(1 - \frac{\sin \Theta}{\Theta} \right)$$

En donde:

R = Radio hidráulico de la sección de flujo (m).

d = Diámetro interno real de la tubería (m).

Θ = Angulo subtendido entre el centro de la tubería y la superficie libre (rad).

$$T = d \sin\left(\frac{\Theta}{2}\right)$$

En donde:

T = Ancho de la sección del canal en la superficie libre (m).

d = Diámetro interno real de la tubería (m).

Θ = Angulo subtendido entre el centro de la tubería y la superficie libre (rad).

$$D = \frac{d}{8} * \left(\frac{(\theta - \sin \theta)}{\left(\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)} \right)$$

Obteniéndose la siguiente ecuación:

$$Q = -2 * \left((\theta - \sin \theta) * \left(\frac{d^2}{8}\right) \right) * \sqrt{8 * \frac{d}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right) * g * S} * \log \left(\frac{ks}{14,8 * \frac{d}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)} + \frac{2,51\gamma}{4 * \frac{d}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right) * \sqrt{8 * \frac{d}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right) * g * S}} \right)$$

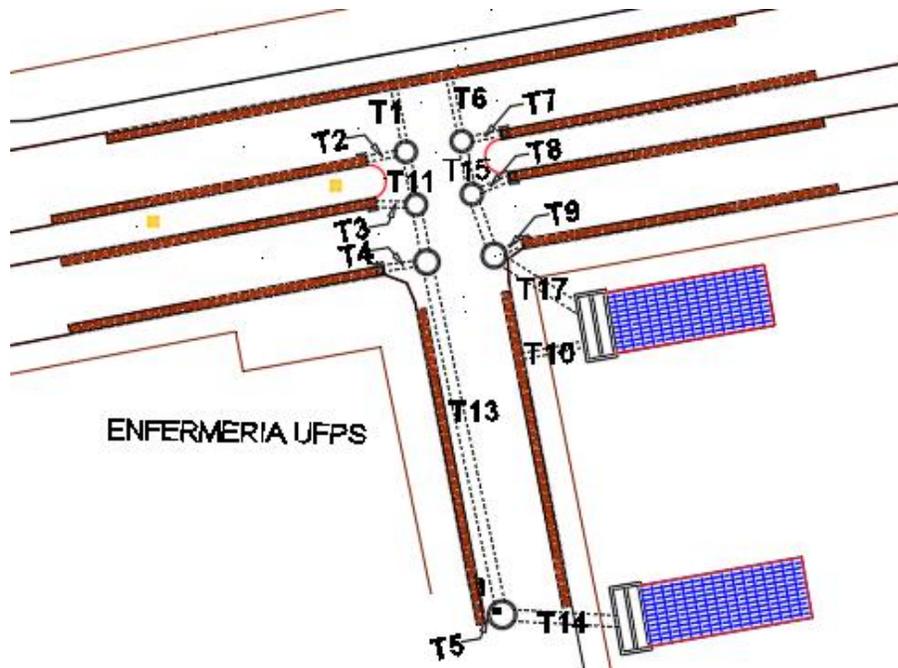


Figura 38. - Ubicación e identificación de cada tubería.

Para los cálculos del diámetro para cada tubería se utilizó una rugosidad absoluta (K_s) de $2,3 \times 10^{-5}$ m y una viscosidad cinemática (γ) de $1,10 \times 10^{-6}$ m²/s las misma empleada para los cálculos de las rejillas. Véanse estos valores en las tablas 17 y 18.

Tabla 20. - Cálculos realizados para la selección de diámetros internos necesarios para los caudales y verificación de parámetros de diseño.

Tubería	S	dex	dint	Y/d	Y	θ	A	P	R	Q	V	D	NF	t
(#)	(%)	(m)	(m)	-	(m)	(rad)	(m ²)	(m)	(m)	(L/s)	(m/s)	(m)	-	(Pa)
1 a 10	0,80%	0,617	0,60	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848,00	3,14	0,79	1,13	13,96
11 y 15	0,80%	0,821	0,80	0,83	0,67	4,60	0,45	1,84	0,24	1696,00	3,80	0,75	1,40	19,06
12 y 16	0,90%	0,923	0,89	0,90	0,80	4,99	0,59	2,23	0,27	2544,00	4,28	1,10	1,30	23,54
13 y 17	0,90%	1,025	1,00	0,90	0,90	5,01	0,74	2,50	0,30	3392,00	4,57	1,26	1,30	26,22
14	0,90%	1,127	1,10	0,86	0,95	4,77	0,87	2,62	0,33	4240,00	4,89	1,15	1,45	29,29

Teniendo en cuenta los criterios ya mencionados por la resolución 0330 resumidos así:

$$\text{Velocidad (V)} \leq 10 \text{ m/s}$$

$$\text{Número de froude } 0,9 < \text{Nf} < 1,1$$

$$\text{Cortante (T)} \geq 2,0 \text{ Pa}$$

$$\text{Relación de llenado (Y/d)} \leq 0,93$$

Se estableció para el diseño distribuir el caudal en dos partes debido a que se haría necesario tuberías de gran diámetro para transportarlo y así evitar diámetros mayores y mayor envergadura de las estructuras de conexión.

Ver anexo 1 donde se encuentra la tabla de cálculos de donde se obtuvo la tabla resumen vista anteriormente (tabla 20).

4.3.3.2. Diseño de los pozos de inspección

Para el diseño de los pozos se tomó la norma técnica de recolección de aguas residuales y lluvias de EMCALI. Según las características de los colectores en el diseño, corresponden a cámaras de tipo 1 donde establece un uso para diámetros de tuberías cuyos diámetros varíen entre 800mm (32 pulg.) y 1200mm, sin o con cambio de dirección hasta 45 grados con respecto a la línea de flujo. Para estas cámaras se establece una profundidad máxima de 5 m, sin refuerzo. Poseen detalles a tener en cuenta para su dimensionamiento y refuerzo. Para estas cámaras circulares en el manual de EMCALI se utilizan diámetros internos de 1,50m pero los diámetros mínimos internos de los pozos para este proyecto se establecieron basados en la tabla de estructuras de conexión de la resolución 0330 de 2017.

Tabla 21. - Diámetro interno mínimo de estructuras de conexión

Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)	Diámetro interno de la estructura (m)
De 200 a 500	1,20
Mayor que 500 hasta 750	1,50
Mayor que 750 hasta 900	1,80

Fuente: Resolución 0330 de 2017 (Tabla 19)

A los pozos se les dio una simbología para identificar cada uno de ellos, para hacer todas las conexiones entre tuberías se necesitaron 7 pozos mostrando su ubicación en la siguiente figura:

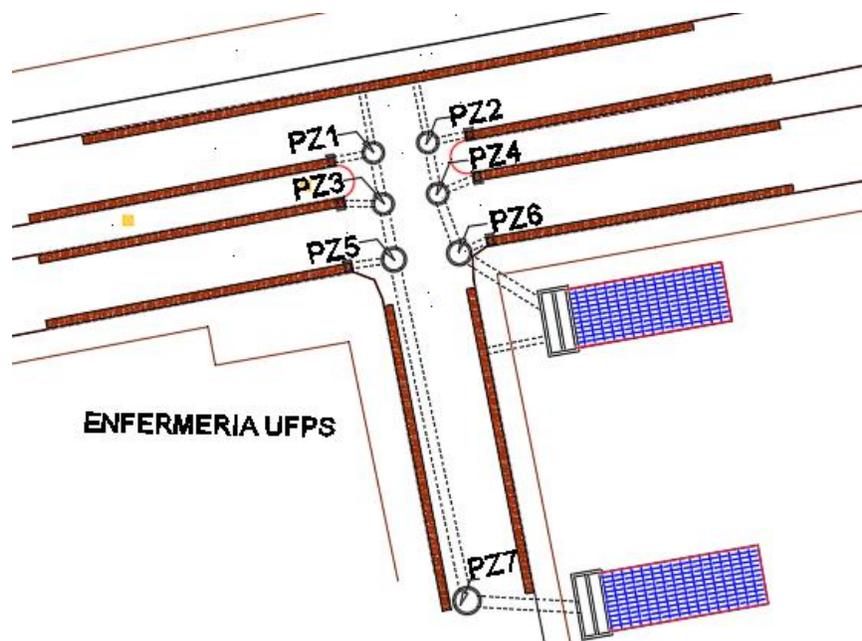


Figura 39. - Ubicación de los pozos en la intersección

Para el caso de los pozos 5,6 y 7 se tenían diámetros de tuberías mayores a los dados en la tabla 19 de la resolución 0330 de 2017 siendo en el pozo 5 y 6 una tubería de salida de diámetro nominal de 1000 mm se definieron diámetros internos de 2,10 m

basados en la observación de la tabla y encontrando las razones de aumento entre los datos de la tabla dada por la resolución 0330, se realizó el mismo procedimiento para el pozo 7 teniendo una tubería de salida de 1100 mm nominales se definió un diámetro de 2,40 m observando que los intervalos para cada aumento de diámetro se iban reduciendo y los diámetros aumentaban en razón de 0,30m.

Tabla 22. - Diámetros utilizados para cada pozo de inspección

Pozos	Diámetro interno	Diámetro externo
PZ1	1,80 m	2,20 m
PZ2	1,80 m	2,20 m
PZ3	1,80 m	2,20 m
PZ4	1,80 m	2,20 m
PZ5	2,10 m	2,50 m
PZ6	2,10 m	2,50 m
PZ7	2,40 m	2,80 m

4.3.3.3. Diseño de los desarenadores

Para los desarenadores se opta por hacer una conexión directa con las Aquacell inspirados en el manual técnico de Pavco; y su dimensionamiento se hace mediante criterios ingenieriles, los cuales se especifican a continuación:

Se define un diseño con el fin de ocupar poco espacio y lograr retener de buena forma los sedimentos que lleguen hasta este punto sin afectar los tanques de infiltración.

Para esto se establece un largo para el desarenador definido por la estructura de conexión de salida más el espesor de los muros; estableciendo una conexión directa a una línea de Aquacell que transportara el agua hacia el tanque de infiltración; Esto debido al gran tamaño del área de infiltración y la dificultad de hacer esto con conexiones de

diámetro nominal de 160mm al no lograr evacuar rápidamente el caudal que llega y enterrar más el sistema.

Para la reducción de la velocidad de entrada al desarenador y para la suspensión de pequeñas partículas que se lleguen a transportar por el sistema se pensó en una pantalla deflectora cuya altura se establece por el diámetro de la tubería de mayor tamaño de entrada más 40 cm por debajo de la misma ubicada a una altura inicial definida por la cota clave de la tubería entrante.

El ancho externo de la estructura se definió en función del diámetro de la tubería a razón de dos veces el mismo más sus espesores y el espesor de la pantalla deflectora.

Para el fondo del desarenador se definió una altura por debajo de la pantalla igual al diámetro de mayor tamaño y así obtener una altura total externa definida por una sobre altura desde la rasante, la longitud entre la rasante y la cota clave de tubería, la longitud de la pantalla y una longitud igual al diámetro de la tubería más un espesor.

Al definir varias de las dimensiones de los desarenadores en función de los diámetros de las tuberías para el diseño de estos; estas se llevan a valores constructivos al momento de la definición en planos de los mismos.

Esta forma descrita también es basada en el esquema de cámaras tradicionales presentado en el manual técnico para Aquacell de Pavco donde también se presentan unas cámaras para evitar la colmatación y la capacidad de los tanques.

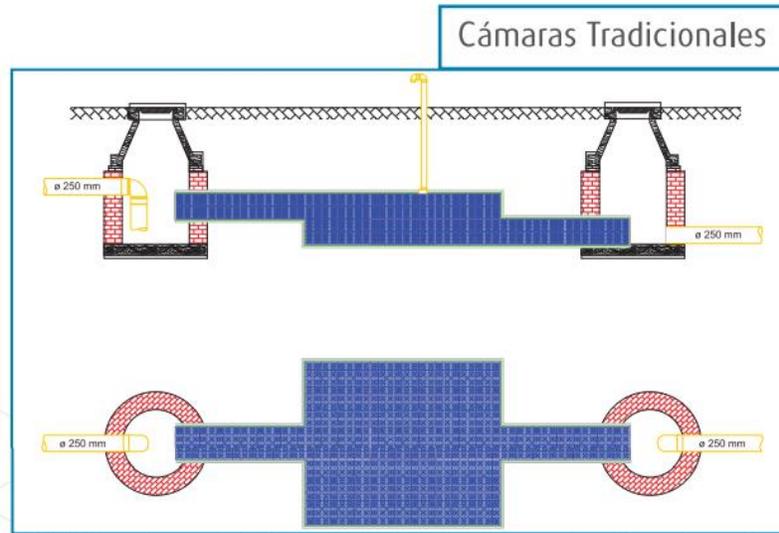


Figura 40. - Cámaras tradicionales para prevenir la colmatación de tanque y la reducción de su capacidad.

Fuente: Manual técnico Aquacell. Pavco

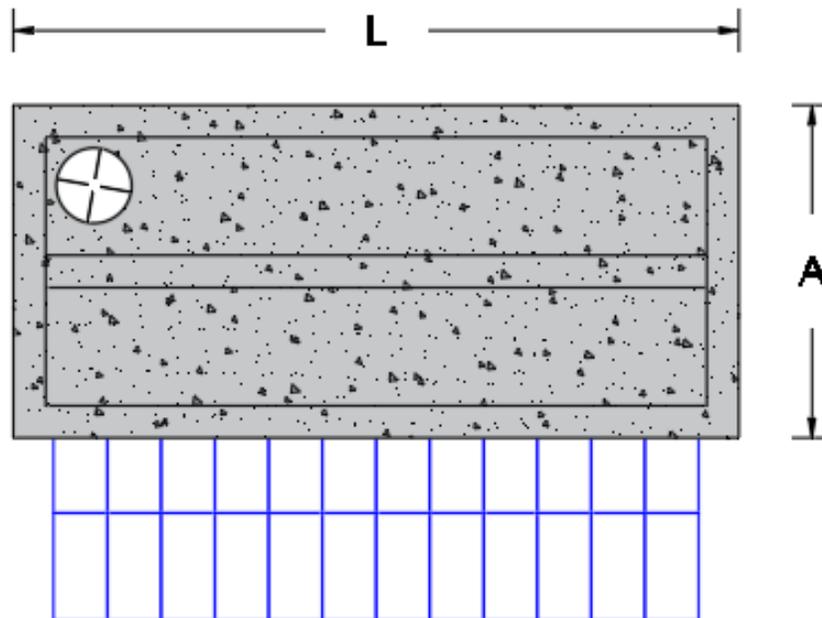


Figura 41. - Vista en planta desarenador.

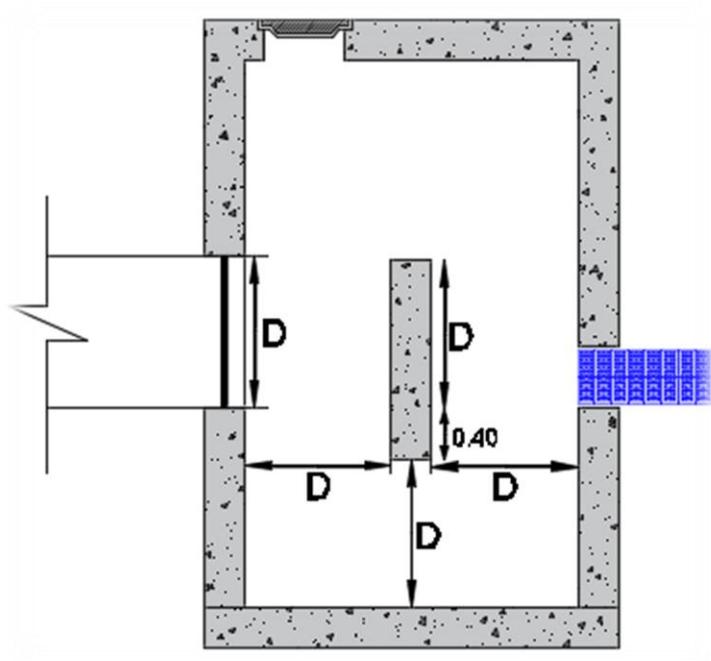


Figura 42. – Concepto para las dimensiones de los desarenadores.

De esta forma se define el ancho interno en función de la siguiente ecuación:

$$A = (2 * D) + (e. pantalla)$$

En donde:

A = ancho interno de desarenador (m).

D = diámetro externo mayor de tubería entrante (m).

e = espesor pantalla (m).

Para el desarenador número 1 se tiene una tubería de entrada de diámetro externo de 1,024 m la cual para la distancia que separa la tubería hasta la pantalla se toma de 1,00 m y un espesor para la pantalla de 0,30 m donde se define un ancho interno de 2,30 m.

Para el desarenador número 2 se tiene una tubería de entrada de diámetro externo de 1,13 m la cual para la distancia que separa la tubería hasta la pantalla se toma de 1,10 m y un espesor para la pantalla de 0,30 m donde se define un ancho interno de 2,50 m.

Para las dimensiones externas se tienen espesores de la estructura de 0,30 m para así definir para el desarenador 1 un ancho de 2,90 m y el desarenador 2 un ancho de 3,10 m.

Para la altura de la barrera disipadora de energía se define de la siguiente forma:

$$h = 0,40 + D$$

En donde:

H = altura de pantalla (*m*).

D = diámetro externo mayor de tubería entrante (*m*).

Para el desarenador 1 se tiene una tubería de 1,024 m para lo cual se obtiene aproximando el diámetro a 1,00 m se obtiene un valor de 1,40 m.

Para el desarenador 2 se tiene una tubería de 1,13 m para lo cual se obtiene aproximando el diámetro a 1,10 m se obtiene un valor de 1,40 m.

Y la altura interna del desarenador 1 se define mediante la dentro de la estructura a la que está la tubería (1,05 m), longitud de la pantalla (1,40 m) más la longitud debajo de la pantalla (1,00 m) para una altura interna total de 3,45 m y externa de 4,05m.

Y la altura interna del desarenador 2 se define mediante la dentro de la estructura a la que está la tubería (1,68 m), longitud de la pantalla (1,50 m) más la longitud debajo de la pantalla (1,10 m) para una altura interna total de 4,30 m y externa de 4,90 m

4.4. Cálculo de presupuesto de obra y ambientación final

4.4.1. Presupuesto final

Tabla 23. - Presupuesto total del proyecto

PRESUPUESTO TANQUES DE INFILTRACION AV. 12E CON CLL. 2N					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	V/R. UNIT.	V/R. PARC.
1	PRELIMINARES				
1,01	Cerramiento vía	ml	80,00	\$ 25.032	\$ 2.002.560
1,02	Cerramiento universidad	ml	70,00	\$ 22.223	\$ 1.555.610
1,03	Localización	m ²	545,42	\$ 1.002	\$ 546.511
1,04	Demolición manual anden e= 0.10 m.	m ²	10,62	\$ 24.943,00	\$ 264.895
1,05	Demolición de pavimento asfaltico e=> 0,07 m	m ²	518,86	\$ 13.169,00	\$ 6.832.867,34
1,06	Retiro de sobrantes de construcción	m ³	81,57	\$ 23.987,00	\$ 1.956.684,35
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2,01	Excavación mecánica en tierra	m ³	1.952,36	\$ 5.172,00	\$ 10.097.605,92
2,02	Entibación semi cuajada para una protección del 50%, profundidad hasta 3m, entre 1 y 2m de ancho	m ²	173,20	\$ 17.639,00	\$ 3.055.074,80
2,03	retiro de material sobrante de excavación	m ³	965,33	\$ 15.000,00	\$ 14.479.950,00
3	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL				
3,01	Solado en mortero 1:4 con e=0,05m para canales ,pozos y desarenadores	m ²	344,73	\$ 15.835	\$ 5.458.800
3,02	Canal en concreto, rectangular bxhprom: 0,90x0,80 m, e muro/losa: 0,15 m.	m	314,44	\$ 434.443	\$ 136.606.256,92
3,03	Rejilla metálica b: 0,70 m, base-recibidor en ángulo acero 3×1/4 plg. Relleno a 45° en platina acero 2½×3/8 plg. Bisagra tipo industrial 4 plg. Incluye pintura epóxica	m	313,00	\$ 913.404,00	\$ 285.895.452,00
3,04	Adquisición de formaleta metálica para pozos de inspección	Gl	1,00	\$ 28.700.000,00	\$ 28.700.000,00

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	V/R. UNIT.	V/R. PARC.
3,05	Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 1,80 m ; altura interna: 1,70 m y e= 0,20 m F'c= 21 MPa	Und	4,00	\$ 4.077.576	\$ 16.310.304,00
3,06	Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 2,10 m ; altura interna: 1,90 m y e= 0,20 m F'c= 21 MPa	Und	2,00	\$ 5.196.564	\$ 10.393.128,00
3,07	Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 2,40 m ; altura interna: 1,90 m y e= 0,20 m F'c= 21 MPa	Und	1,00	\$ 6.128.077	\$ 6.128.077,00
3,08	Tapa para pozo plástica marca inox	Und	9,00	\$ 244.501,00	\$ 2.200.509,00
3,09	Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 600 mm.	m	35,97	\$ 525.171,00	\$ 18.890.400,87
3,10	Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 800 mm.	m	6,96	\$ 851.415,00	\$ 5.925.848,40
3,11	Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 900 mm.	m	8,23	\$ 1.226.707,00	\$ 10.095.798,61
3,12	Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 1000 mm.	m	42,06	\$ 1.253.102,00	\$ 52.705.470,12
3,13	Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 1100 mm.	m	9,91	\$ 1.949.381,00	\$ 19.318.365,71
3,14	Desarenador en concreto reforzado de 6,75 m x 3,10 m; h= 3,90 m; e= 0,30m; concreto reforzado de 21 Mpa	und	1,00	\$ 50.155.645,00	\$ 50.155.645,00
3,15	Desarenador en concreto reforzado de 6,75 m x 3,10 m; h= 4,70 m; e= 0,30m; concreto reforzado de 21 Mpa	und	1,00	\$ 53.671.415,00	\$ 53.671.415,00
3,16	Tanque en aquacell de 55,5 m3	und	2,00	\$ 6.828.152,00	\$ 13.656.304,00
3,17	Relleno con material seleccionado de la misma excavación	m³	1.206,18	\$ 57.688,00	\$ 69.582.111,84
4	REPOSICION DE INFRAESTRUCTURAS EXISTES				
4,01	Reposición de la estructura asfáltica	m²	213,84	\$ 21.781	\$ 4.657.649,04
4,02	Sardinel en concreto h=0,40m	m	5,17	\$ 43.168	\$ 223.178,56
4,03	Anden en concreto e=0,10m	m²	16,13	\$ 52.066	\$ 839.824,58
TOTAL COSTO DIRECTO=					\$ 831.366.471,53
TOTAL COSTO INDIRECTO=					\$ 207.841.617,88
COSTO TOTAL=					\$ 1.039.208.089,42

Para los costos indirectos se tomó un porcentaje del 25% del costo total directo para con esto tener una mejor aproximación del costo total del proyecto.

En el anexo 2 se podrá encontrar las cantidades de obras definidas para la obtención del presupuesto y el en anexo 3 se presenta todos los análisis de precios unitarios (APU) utilizados para la obtención del presupuesto visto en la tabla 22.

4.4.2. Ambientación del proyecto finalizado

Para este proceso se utilizó sketchup y de allí al tener ambientada la intersección y la parte interna de la universidad y sobre esto hacer retoques visuales y renderizar.



Figura 43. - Intersección entre la Avenida 12E y Calle 2N; Imagen 1 Ambientación.



Figura 44. - Intersección entre la Avenida 12E y Calle 2N; Imagen 2 Ambientación.



Figura 45. - Intersección entre la Avenida 12E y Calle 2N; Imagen 3 Ambientación.



Figura 46. - Intersección entre la Avenida 12E y Calle 2N; Imagen 4 Ambientación.

Además de esto se realizó la ambientación de uno de los cortes transversales de la estructura de infiltración junto con el desarenador para generar una idea del perfil de suelo en el que se hará la infiltración.



Figura 47. - Ambientación perfil estructura de infiltración

En el anexo 3 se encuentran dos imágenes más de la ambientación final.

5. Conclusiones

1) En este trabajo se recolectó información indispensable de la zona de estudio como: la topografía, estudios de suelo y datos hidrológicos de la ciudad necesarios para la realización de los diseños hidráulicos del SUDS, esto con la colaboración académica por parte del presente director del proyecto suministrando información de la consultoría para la elaboración de los estudios y diseños de las obras del colector de aguas lluvias de la Calle 2N, en la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander la cual abarca la intersección razón de estudio y a los cuales se hicieron los debidos cálculos para la zona de estudio de este proyecto y así definir los parámetros para el diseño del sistema de drenaje sostenible (SUDS).

2) Se definió el sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS) mediante SuperDecisions un programa que realiza análisis jerárquico de las diferentes alternativas insertadas y obteniendo como mejor alternativa para la intersección los tanques de infiltración para el manejo de aguas lluvias de la zona, estos criterios insertados se basaron en la investigación de varias fuentes para su selección y diseño. Con esto ajustando dichos parámetros a las cualidades del área de estudio, el caudal calculado y el espacio disponible para su implementación.

3) Se elaboró el diseño para el transporte e infiltración del caudal de aguas lluvias, específicamente para la intersección de la Avenida 12E y la Calle 2N en Cúcuta, Norte de Santander; para ello se tomó la resolución 0330 del 2017 y el RAS de 2016 como normativa para los parámetros a cumplir y los procedimientos aceptados para este tipo de diseños; se encontró dificultad debido a que el caudal de 8.48 m³/s hacía necesario tuberías

de gran tamaño por lo cual se optó dividir en dos partes el sistema y de esta manera se solucionó e hizo más fácil el diseño.

4) Se realizó el presupuesto para la construcción del proyecto, haciendo un análisis detallado de los costos directos. Esto se realizó mediante las respectivas cotizaciones para los materiales necesarios además de información básica como obtenida a partir del Construprecios.

5) Se hizo una ambientación 3D de las zonas intervenidas para ver la mejora paisajística de la zona intervenida dentro de la universidad y la poca afectación de la infraestructura existente entre la Avenida 12E y la Calle 2N.

6. Recomendaciones

1) Es importante para futuros proyectos tener en cuenta la información recolectada en este proyecto, ya que proporciona los datos necesarios para a partir de ellos formular propuestas para el máximo aprovechamiento de este caudal, como lo pueden ser en sistemas de riego, limpieza y baterías sanitarias.

2) Aplicar un método cuantitativo para la selección de un SUDS haría más exacta la metodología de dicha selección ya que se basaría no solo en los criterios ingenieriles, sino que también en cálculos y valores ya obtenidos de cada sistema según los lugares donde se desee implementar.

3) Realizar un estudio de suelos en la zona donde se van a construir los estanques de infiltración para poder determinar la conductividad hidráulica del depósito aluvial y de esta manera tener un cálculo más exacto del área de infiltración para el sistema.

4) Se recomienda al momento de cotizar, realizar un balance entre los proveedores. De esta manera se podrá elegir los materiales que mejor se ajustan a la relación precio-calidad, esto proporciona una mayor variedad de elección según criterio de diseñador.

7. Bibliografía

Abellán, A. (04 de 11 de 2013). *SuD Sostenible*. Recuperado el 16 de 04 de 2019, de SuD Sostenible: <http://sudsostenible.com/que-son-los-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/>

Añazco, J. B. (2014). *ANÁLISIS Y DISEÑO PARA SOLUCIÓN DE AGUAS LLUVIAS MEDIANTE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE APLICANDO LA TÉCNICA DE FIRMES PERMEABLES EN CONDOMINIO ERCILLA, COMUNA DE TEMUCO, IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA*. Valdivia.

Aponte, J. L., & Angulo, L. A. (06 de 2009). Recuperado el 17 de 04 de 2019, de http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20ULADECH/14._Impacto_ambiental_lectura_2009_.pdf

Arbelo, A. M. (2017). *SUDS Sitemas Urbanos de Drenaje sostenible hacia una gestion integral*.

Arboleda, O. D. (2001). *ESTIMACIÓN HOLÍSTICA DEL RIESGO SÍSMICO UTILIZANDO SISTEMAS DINÁMICOS COMPLEJOS*. Barcelona.

Arias, F. G. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Caracas - Venezuela: EPISTEME.

Ballard, B. W., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., & Kellagher, R. (2015). *THE SUDS MANUAL*. London.

Barahona, J. A. (2014). *ANÁLISIS Y DISEÑO PARA SOLUCIÓN DE AGUAS LLUVIAS MEDIANTE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE APLICANDO LA TÉCNICA DE FIRMES PERMEABLES EN CONDOMINIO ERCILLA, COMUNA DE TEMUCO, IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA*. Valdivia.

Barajas León, J. (s.f.). *fluter.tripod.com*. Obtenido de fluter.tripod.com:
<http://fluter.tripod.com/alcantarillado.htm>

Bateman, A. (2007). *www.gits.ws*. Recuperado el 11 de 04 de 2019, de
[www.gits.ws: http://www.gits.ws/category/articles/](http://www.gits.ws/category/articles/)

Camargo Ramirez, E. A., & Lozada Chamorro, J. (2018). Diseño de sistema urbano de drenaje sostenible en Bogotá, Calle 127 con autopista Norte. Bogotá D.C, Colombia.

Comite curricular Universidad Francisco de Paula Santander. (2019). Pautas para la elaboración de anteproyectos. Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

CORPONOR. (Noviembre de 2014). CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS OBRAS DEL COLECTOR DE AGUAS LLUVIAS DE LA CALLE 2N, EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA. NORTE DE SANTANDER. San José de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

Council, M.-A. R. (s.f.). *Que es la contaminacion por sedimentos*. Recuperado el 17 de 04 de 2019, de Que es la contaminacion por sedimentos:
http://marc.org/Environment/Water-Resources/pdfs/brochures/sediment_espanol.aspx

Cuéllar, C. O. (2015). “*SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE SUDS: INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA URBANA PARA EL CONTROL Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA*” .

Echarri, J. T., & Vaca, J. F. (s.f.). *Estudios Geotécnicos* . Recuperado el 17 de 04 de 2019, de Estudios Geotécnicos :

<http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/>

Florez Gongora, C. H. (2015). *CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS OBRAS DEL COLECTOR DE AGUAS LLUVIAS DE LA CALLE 2N, EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER*.
Cucuta.

Gálvez, J. J. (2011). Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico. Lima, Perú.

Gutierrez, M. d., & Pallares Guillin, L. (Agosto de 2016). ESTUDIO Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO, SISTEMA DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA EL ACUEDUCTO DEL BATALLÓN N°15 GENERAL FRANCISCO DE PAULA SANTANDER. Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

Gutierrez, M. d., & Pallares Guillin, L. (Agosto de 2016). ESTUDIO Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO, SISTEMA DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA EL ACUEDUCTO DEL BATALLÓN N°15 GENERAL FRANCISCO DE PAULA SANTANDER. Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

Maldonado, V. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. En *Tratamiento de agua para consumo humano* (pág. 278). Lima.

Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*.

- Osorio, A. M. (2017). *Islas de calor en el área urbana del valle de Aburrá*. Medellín.
- Pajaro, M. G. (2014). *CONTROL DE INUNDACIONES EMPLEANDO LOS SISTEMAS DE DRENAJE COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACION URBANA EN EL MUNICIPIO DE TURBACO*. Barranquilla.
- Perales Momparler, S. (17 de 07 de 2008). *blogdelagua.com*. Obtenido de blogdelagua.com: <https://blogdelagua.com/actualidad/internacional/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds-2/>
- Pérez, G. P. (s.f.). *Ciclo Hidrologico .com*. Recuperado el 16 de 04 de 2019, de Ciclo Hidrologico .com: www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua
- Puyol, A. F., & Villa, M. A. (s.f.). *PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL*.
- Ramírez, É. A., & Chamorro, J. L. (2018). *DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SOSTENIBLE EN BOGOTÁ, CALLE 127 CON AUTOPISTA NORTE*. BOGOTÁ.
- Rodríguez, H. F. (2016). *Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible*.
- Rodríguez, H. F. (2016). *Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible* .
- Rodriguez, J. P., & Ostios, Z. E. (2015). *SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE "SUDS" COMO ALTERNATIVA DE REGULACION Y CONTROL DE INUNDACIONES EN NECHI UN MUNICIPIO DE LA MOJANA*. BOGOTA.

RODRIGUEZ, J. P., & OSTIOS, Z. E. (2015). *SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE “SUDS” COMO ALTERNATIVA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES EN NECHÍ UN MUNICIPIO DE LA MOJANA*. Bogotá.

Román, F. J. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea*.

Rosello, P. C. (2015). *SUDS: METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y EXPERIENCIAS EN ÁREAS URBANAS*.

Sarmiento Montaña, M. (2004). PASANTIA EN EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION MUNICIPAL PARA LA ELABORACIÓN DE LA BASE METODOLÓGICA DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PRELIMINAR DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA. San José de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

Sarmiento, M. (2004). Metodología para la microzonificación sísmica de San José de Cúcuta, Pasantía Oficina de planeación municipal. San José de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

Segerer, C. D., & Villodas, R. (2006). *Hidrologia 1*.

Viceministerio de Agua y Saneamiento. (2016). Reglamento tecnico de aguapotable y saneamiento basico - RAS - Titulo D. Bogota, Cundinamarca, Colombia.

8. Anexos

8.1. Anexo 1: calculo hidráulico para las tuberías

Tub #	Diam. E	Diam I	L	S _t	Cotas claves		e	Cotas batea		Y _n /d	Y _n	θ	A	P	R	Q	V	D	N _F	t	régimen
-	(mm)	(mm)	(m)	%	inicial	final	(mm)	inicial	final	(adim)	(m)	(rad)	(m ²)	(m)	(m)	(L/s)	(m/s)	(m)	(adim)	Pa	(-)
t # 1	616,5	600,3	5,5	0,8	290,584	290,540	8,1	289,976	289,932	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 2	616,5	600,3	3,01	0,8	290,612	290,588	8,1	290,004	289,980	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 3	616,5	600,3	2,96	0,8	290,612	290,588	8,1	290,004	289,980	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 4	616,5	600,3	3,22	0,8	290,612	290,586	8,1	290,004	289,978	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 5	616,5	600,3	0,7	0,8	291,020	291,014	8,1	290,412	290,406	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 6	616,5	600,3	5,5	0,8	290,584	290,54	8,1	289,976	289,932	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 7	616,5	600,3	2,97	0,8	290,600	290,576	8,1	289,992	289,968	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 8	616,5	600,3	3,03	0,8	290,600	290,576	8,1	289,992	289,967	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 9	616,5	600,3	2	0,8	290,600	290,584	8,1	289,992	289,976	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 10	616,5	600,3	6,35	0,8	290,707	290,656	8,1	290,099	290,048	0,91	0,55	5,07	0,27	1,52	0,18	848	3,14	0,79	1,13	13,96	súper crítico
t # 11	820,5	798,9	3,48	0,8	290,600	290,572	10,8	289,791	289,763	0,83	0,67	4,6	0,45	1,84	0,24	1696	3,8	0,75	1,4	19,06	súper crítico
t # 12	922,5	898,5	3,78	0,9	290,600	290,566	12,0	289,690	289,656	0,88	0,79	4,85	0,59	2,18	0,27	2544	4,32	1	1,38	23,88	súper crítico

Tub #	Diam. E	Diam. I	L	S _t	Cotas claves		e	Cotas batea		Y _n /d	Y _n	θ	A	P	R	Q	V	D	N _F	t	régimen
					inicial	final		inicial	final												
-	(mm)	(mm)	(m)	%						(adim)	(m)	(rad)	(m ²)	(m)	(m)	(L/s)	(m/s)	(m)	(adim)	Pa	(-)
t # 13	1024,5	997,7	33,1	0,9	290,600	290,302	12,6	289,590	289,292	0,9	0,9	5,01	0,74	2,5	0,3	3392	4,57	1,26	1,3	26,22	súper crítico
t # 14	1126,5	1097,3	9,91	0,9	290,353	290,264	13,8	289,242	289,153	0,86	0,95	4,77	0,87	2,62	0,33	4240	4,89	1,15	1,45	29,29	súper crítico
t # 15	820,5	798,9	3,48	0,8	290,600	290,572	10,8	289,791	289,763	0,83	0,67	4,6	0,45	1,84	0,24	1696	3,8	0,75	1,4	19,06	súper crítico
t # 16	922,5	898,5	4,45	0,9	290,600	290,56	12	289,690	289,650	0,88	0,79	4,85	0,59	2,18	0,27	2544	4,32	1	1,38	23,88	súper crítico
t # 17	1024,5	997,7	8,96	0,9	290,600	290,519	12,6	289,590	289,509	0,9	0,9	5,01	0,74	2,5	0,3	3392	4,57	1,26	1,3	26,22	súper crítico

Anexo 1. - Calculo hidráulico para tuberías

8.2. Anexo 2: Cantidades de obra

1,00	PRELIMINARES				Unidad
1,01	Cerramiento vía				ml
Localización		Cantidad	Longitud (m)	LT (m)	
Av. 12 este		1,00	64,00	64,00	
Calle 2N		1,00	16,00	16,00	
Ítem:	1,01	Unidad de medida:	ml	Magnitud total:	80,00
1,02	Cerramiento universidad				ml
Localización		Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	
Universidad		1,00	70,00	70,00	
Ítem:	1,02	Unidad de medida:	ml	Magnitud total:	70,00
1,03	Localización				m ²
Localización		Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	
Rejilla 1		61,01	0,90	54,91	
Rejilla 2		30,58	0,90	27,52	
Rejilla 3		30,58	0,90	27,52	
Rejilla 4		30,58	0,90	27,52	
Rejilla 5		30,58	0,90	27,52	
Rejilla 6		30,58	0,90	27,52	
Rejilla 7		30,58	0,90	27,52	
Rejilla 8		30,58	0,90	27,52	
Rejilla 9		30,58	0,90	27,52	
Pozo 1		2,11	1,80	3,80	
Pozo 2		2,11	1,80	3,80	
Pozo 3		2,11	1,80	3,80	
Pozo 4		2,11	1,80	3,80	
Pozo 5		2,34	2,10	4,91	
Pozo 6		2,34	2,10	4,91	
Pozo 7		2,57	2,40	6,16	
Desarenador 1		7,51	2,65	19,91	
Desarenador 2		7,46	2,85	21,26	
Aquacell 1		16,50	6,00	99,00	
Aquacell 2		16,50	6,00	99,00	
Ítem:	1,03	Unidad de medida:	m ²	Magnitud total:	545,42

1,04		Demolición manual anden e= 0.10 m.			m ²	
Localización				Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Zona de andenes				2,90	3,66	0,00
Ítem:	1,04	Unidad de medida:	m ²	Magnitud total:		0,00
1,05		Demolición de pavimento asfáltico e=> 0,07 m			m ²	
Localización				Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Rejilla 1				62,75	1,20	75,30
Rejilla 2				31,45	1,20	37,74
Rejilla 3				31,45	1,20	37,74
Rejilla 4				31,45	1,20	37,74
Rejilla 5				31,45	1,20	37,74
Rejilla 6				31,45	1,20	37,74
Rejilla 7				31,45	1,20	37,74
Rejilla 8				31,45	1,20	37,74
Rejilla 9				31,45	1,20	37,74
Tubería 1				4,55	1,50	6,83
Tubería 2				2,21	1,50	3,32
Tubería 3				2,15	1,50	3,23
Tubería 4				2,42	1,50	3,63
Tubería 5				0,00	1,50	0,00
Tubería 6				4,55	1,50	6,83
Tubería 7				2,17	1,50	3,26
Tubería 8				2,22	1,50	3,33
Tubería 9				1,20	1,50	1,80
Tubería 10				0,00	1,50	0,00
Tubería 11				1,88	1,60	3,01
Tubería 12				2,18	1,80	3,92
Tubería 13				2,61	1,80	4,70
Tubería 14				5,09	1,90	9,67
Tubería 15				1,88	1,60	3,01
Tubería 16				2,85	1,70	4,85
Tubería 17				0,00	0,00	0,00
Pozo 1				1,00	10,39	10,39
Pozo 2				1,00	10,39	10,39
Pozo 3				1,00	10,39	10,39
Pozo 4				1,00	10,39	10,39
Pozo 5				1,00	12,23	12,23
Pozo 6				1,00	12,23	12,23
Pozo 7				1,00	14,23	14,23
Ítem:	1,05	Unidad de medida:	m ²	Magnitud total:		518,86

1,06		Retiro de sobrantes de constrccion			m ³	
Localización				Longitud (m)	B _{prom} (m)	Área (m ²)
Anden AV 12E				9,38	1,72	16,13
Ítem:	1,06	Unidad de medida:	m ³	Magnitud total:		16,13

2,00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
------	-----------------------	--	--	--	--

2,01		Excavación mecánica en tierra			m ³
Localización		Área prom(m ²)	Longitud	V (m ³)	
rejilla 1		1,00	62,60	62,43	
rejilla 2		1,15	31,46	36,18	
rejilla 3		1,13	31,46	35,64	
rejilla 4		1,09	31,46	34,36	
rejilla 5		1,19	31,46	37,42	
rejilla 6		1,00	31,46	31,59	
rejilla 7		1,00	31,46	31,38	
rejilla 8		1,06	31,46	33,32	
rejilla 9		1,11	31,46	34,84	
Tubería 1		2,72	4,65	12,64	
Tubería 2		2,67	2,31	6,16	
Tubería 3		2,67	2,25	6,00	
Tubería 4		2,67	2,52	6,73	
Tubería 5		0,00	0,00	0,00	
Tubería 6		2,72	4,65	12,64	
Tubería 7		2,68	2,27	6,08	
Tubería 8		2,68	2,32	6,21	
Tubería 9		2,67	1,30	3,46	
Tubería 10		2,71	5,25	14,22	
Tubería 11		2,94	2,08	6,12	
Tubería 12		1,70	2,38	4,05	
Tubería 13		2,73	31,70	86,46	
Tubería 14		5,47	8,91	48,75	
Tubería 15		2,94	2,08	6,12	
Tubería 16		3,32	3,05	10,12	
Tubería 17		3,86	7,55	29,13	
Pozo 1		7,94	2,10	16,67	
Pozo 2		7,94	2,10	16,67	
Pozo 3		7,99	2,15	17,19	
Pozo 4		7,99	2,15	17,19	

Localización				Área prom.(m ²)	Longitud	V (m ³)
Pozo 5				9,50	2,35	22,32
Pozo 6				9,50	2,35	22,32
Pozo 7				10,89	2,35	25,59
Desarenador 1				39,00	3,90	152,08
Desarenador 2				43,68	4,70	205,29
Aquacell 1				60,82	6,00	364,94
Aquacell 2				81,68	6,00	490,05
Ítem:	2,01	Unidad de medida:	m ³	Magnitud total:		1952,36

2,02		Entibación semicuajada para una protección del 50%, profundidad hasta 3m, entre 1 y 2m de ancho			m ²	
Localización	Cantidad	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)		
Tubería 1	2,00	4,65	1,01	9,41		
Tubería 2	2,00	2,31	0,98	4,52		
Tubería 3	2,00	2,25	0,98	4,40		
Tubería 4	2,00	2,52	0,98	4,94		
Tubería 5	2,00	0,00	0,97	0,00		
Tubería 6	2,00	4,65	1,01	9,41		
Tubería 7	2,00	2,27	0,98	4,47		
Tubería 8	2,00	2,32	0,99	4,57		
Tubería 9	2,00	1,30	0,98	2,54		
Tubería 10	2,00	5,25	1,01	10,56		
Tubería 11	2,00	2,08	1,04	4,32		
Tubería 12	2,00	2,38	0,00	0,00		
Tubería 13	2,00	31,70	0,72	45,35		
Tubería 14	2,00	8,91	2,08	37,06		
Tubería 15	2,00	2,08	1,04	4,32		
Tubería 16	2,00	3,05	1,15	7,03		
Tubería 17	2,00	7,55	1,34	20,29		
Ítem:	2,02	Unidad de medida:	m ²	Magnitud total:		173,19

2,03		retiro de material sobrante de excavación		m ³	
Concepto		V (m ³)	F exp.	V (m ³)	
Material sobrante de excavación obras de captación, desarenadores y aquacel		804,44	1,20	965,33	
Ítem:	2,03	Unidad de medida:	m ³	Magnitud total:	965,30

3,00	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
-------------	-----------------------------------

3,01	Solado en mortero 1:4 con e=0,05m para canales, pozos y desarenadores			m²	
Localización		Ancho (m)	Largo (m)	A (m²)	
Rejilla 1		0,90	61,01	54,91	
Rejilla 2		0,90	30,58	27,52	
Rejilla 3		0,90	30,58	27,52	
Rejilla 4		0,90	30,58	27,52	
Rejilla 5		0,90	30,58	27,52	
Rejilla 6		0,90	30,58	27,52	
Rejilla 7		0,90	30,58	27,52	
Rejilla 8		0,90	30,58	27,52	
Rejilla 9		0,90	30,58	27,52	
Pozo 1		1,80	2,11	3,80	
Pozo 2		1,80	2,11	3,80	
Pozo 3		1,80	2,11	3,80	
Pozo 4		1,80	2,11	3,80	
Pozo 5		2,10	2,34	4,91	
Pozo 6		2,10	2,34	4,91	
Pozo 7		2,40	2,57	6,16	
Desarenador 1		2,65	6,75	17,89	
Desarenador 2		3,05	6,75	20,59	
Ítem:	3,01	Unidad de medida:	m ²	Magnitud total:	344,73

3,02	Canal en concreto, rectangular bxhprom: 0,90x0,80 m, e muro/losa: 0,15 m.			m	
Localización		L unitaria (m)	Cantidad	L_T (m)	
Canal 1		62,76	1,00	62,76	
Canal 2		31,46	1,00	31,46	
Canal 3		31,46	1,00	31,46	
Canal 4		31,46	1,00	31,46	
Canal 5		31,46	1,00	31,46	
Canal 6		31,46	1,00	31,46	
Canal 7		31,46	1,00	31,46	
Canal 8		31,46	1,00	31,46	
Canal 9		31,46	1,00	31,46	
Ítem:	3,02	Unidad de medida:	m	Magnitud total:	314,44

3,03	Rejilla metálica b: 0,70 m, base-recibidor en ángulo acero 3×1/4 pulg. Relleno a 45° en platina acero 2½×3/8 pulg. Bisagra tipo industrial 4 pulg. Incluye pintura epóxica			m	
Localización		Cantidad	L (m)	L_T (m)	
Canal 1		62,60	1,00	62,60	
Canal 2		31,30	1,00	31,30	
Canal 3		31,30	1,00	31,30	
Canal 4		31,30	1,00	31,30	
Canal 5		31,30	1,00	31,30	
Canal 6		31,30	1,00	31,30	
Canal 7		31,30	1,00	31,30	
Canal 8		31,30	1,00	31,30	
Canal 9		31,30	1,00	31,30	
Ítem:	3,03	Unidad de medida:	m	Magnitud total:	313,00

3,05	Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 1,80 m ; altura interna: 1,70 m y e= 0,20 m F'c= 21 MPa			Und	
Localización				Unidad	
Calle 2N				4,00	
Ítem:	3,05	Unidad de medida:	Und.	Magnitud total:	4,00

3,06	Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 2,10 m ; altura interna: 1,90 m y e= 0,20 m F'c= 21 MPa			Und	
Localización				Unidad	
Calle 2N				2,00	
Ítem:	3,06	Unidad de medida:	Und.	Magnitud total:	2,00

3,07	Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 2,40 m ; altura interna: 1,90 m y e= 0,20 m F'c= 21 MPa			Und	
Localización				Unidad	
AV 12 E				1,00	
Ítem:	3,07	Unidad de medida:	Und.	Magnitud total:	1,00

3,08		Tapa para pozo plástica marca inox			Und
Localización				Cantidad	Und
Pozo 1				1,00	1,00
Pozo 2				1,00	1,00
Pozo 3				1,00	1,00
Pozo 4				1,00	1,00
Pozo 5				1,00	1,00
Pozo 6				1,00	1,00
Pozo 7				1,00	1,00
Desarenador 1				1,00	1,00
Desarenador 2				1,00	1,00
Ítem:	3,08	Unidad de medida:	Und	Magnitud total:	9,00

3,09		Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 600 mm.			m	
Localización				L _{unitaria} (m)	Cantidad	L _T (m)
Tubería 1 a pozo 1				5,50	1,00	5,50
Tubería 2 a pozo 2				3,16	1,00	3,16
Tubería 3 a pozo 3				3,10	1,00	3,10
Tubería 4 a pozo 5				3,22	1,00	3,22
Tubería 5 a pozo 7				0,70	1,00	0,70
Tubería 6 a pozo 2				5,50	1,00	5,50
Tubería 7 a pozo 2				3,12	1,00	3,12
Tubería 8 a pozo 4				3,17	1,00	3,17
Tubería 9 a pozo 6				2,00	1,00	2,00
Tubería 10 a desarenador 1				6,50	1,00	6,50
Ítem:	3,09	Unidad de medida:	m	Magnitud total:	35,97	

3,10		Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 800 mm.			m	
Localización				L _{unitaria} (m)	Cantidad	L _T (m)
Tubería 11 de pozo 1 a pozo 3				3,48	1,00	3,48
Tubería 15 de pozo 2 a pozo 4				3,48	1,00	3,48
Ítem:	3,10	Unidad de medida:	m	Magnitud total:	6,96	

3,11		Sum. / inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 900 mm.			m	
Localización				L unitaria (m)	Cantidad	L _T (m)
Tubería 12 de pozo 3 a pozo 5				3,78	1,00	3,78
Tubería 16 de pozo 4 a pozo 6				4,45	1,00	4,45
Ítem:	3,11	Unidad de medida:	m	Magnitud total:		8,23

3,12		Sum. / inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 1000 mm.			m	
Localización				L unitaria (m)	Cantidad	L _T (m)
Tubería 13 de pozo 5 a pozo 7				33,10	1,00	33,10
Tubería 17 de pozo 6 a desarenador 1				8,96	1,00	8,96
Ítem:	3,12	Unidad de medida:	m	Magnitud total:		42,06

3,13		Sum. / inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 1100 mm.			m	
Localización				L unitaria (m)	Cantidad	L _T (m)
Tubería 14 de pozo 7 a desarenador 2				9,91	1,00	9,91
Ítem:	3,13	Unidad de medida:	m	Magnitud total:		9,91

3,14		Desarenador en concreto reforzado de 6,75 m x 3,10 m; h= 3,90 m; e= 0,30m; concreto reforzado de 21 Mpa			h=	und
Localización					Unidad	
Esquina Nor-oeste Universidad					1,00	
Ítem:	3,14	Unidad de medida:	und	Magnitud total:		1,00

3,15		Desarenador en concreto reforzado de 6,75 m x 3,10 m; h= 4,70 m; e= 0,30m; concreto reforzado de 21 Mpa			h=	und
Localización					Unidad	
Esquina Noroeste Universidad					1,00	
Ítem:	3,15	Unidad de medida:	und	Magnitud total:		1,00

3,16		Tanque en aquacell de 55,5 m ³			und	
Localización					Unidad	
Esquina Universidad					2,00	
Ítem:	3,16	Unidad de medida:	und	Magnitud total:		2,00

3,17		Relleno con material seleccionado de la misma excavación			m ³
Zona		H (m)	B (m)	L (m)	V (m ³)
rejilla 1		0,30	2,01	62,75	37,91
rejilla 2		0,30	2,01	31,45	18,96
rejilla 3		0,30	2,01	31,45	18,96
rejilla 4		0,30	2,01	31,45	18,96
rejilla 5		0,30	2,01	31,45	18,96
rejilla 6		0,30	2,01	31,45	18,96
rejilla 7		0,30	2,01	31,45	18,96
rejilla 8		0,30	2,01	31,45	18,96
rejilla 9		0,30	2,01	31,45	18,96
Tubería 1		2,26	0,93	4,65	9,77
Tubería 2		2,22	0,92	2,31	4,74
Tubería 3		2,22	0,92	2,25	4,62
Tubería 4		2,23	0,92	2,52	5,18
Tubería 5		2,21	0,00	0,37	0,00
Tubería 6		2,26	0,93	4,65	9,77
Tubería 7		2,23	0,92	2,27	4,68
Tubería 8		2,23	0,92	2,32	4,78
Tubería 9		2,22	0,92	1,30	2,66
Tubería 10		2,26	0,93	5,25	10,99
Tubería 11		2,39	0,89	2,08	4,41
Tubería 12		1,32	0,59	2,38	1,86
Tubería 13		2,12	0,80	31,70	53,99
Tubería 14		4,18	1,04	8,91	38,71
Tubería 15		2,39	0,89	2,08	4,41
Tubería 16		2,64	0,91	3,05	7,31
Tubería 17		3,00	0,94	7,55	21,39
pozo 1		1,95	1,95	2,10	7,98
pozo 2		1,95	1,95	2,10	7,98
pozo 3		1,95	1,95	2,15	8,17
pozo 4		1,95	1,95	2,15	8,17
pozo 5		2,22	2,22	2,35	11,54
pozo 6		2,22	2,22	2,35	11,54
pozo 7		2,22	2,22	2,35	11,54
desarenador 1		7,55	0,40	9,09	27,46
desarenador 2		7,55	0,40	10,96	33,09
aquacel 1		2,90	16,50	6,00	287,37
aquacel 2		4,17	16,50	6,00	412,48
Ítem:	3,17	Unidad de medida:	m ³	Magnitud total:	1206,18

4,00	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
-------------	-----------------------------------

4,01		Reposición de la estructura asfáltica			m²
Localización		Cantidad	B (m)	L (m)	Área (m²)
Rejilla 1		1,00	0,33	62,75	20,39
Rejilla 2		1,00	0,33	31,45	10,22
Rejilla 3		1,00	0,33	31,45	10,22
Rejilla 4		1,00	0,33	31,45	10,22
Rejilla 5		1,00	0,33	31,45	10,22
Rejilla 6		1,00	0,33	31,45	10,22
Rejilla 7		1,00	0,33	31,45	10,22
Rejilla 8		1,00	0,33	31,45	10,22
Rejilla 9		1,00	0,33	31,45	10,22
Tubería 1		1,00	1,50	4,55	6,83
Tubería 2		1,00	1,50	2,21	3,32
Tubería 3		1,00	1,50	2,15	3,23
Tubería 4		1,00	1,50	2,42	3,63
Tubería 5		1,00	1,50	0,00	0,00
Tubería 6		1,00	1,50	4,55	6,83
Tubería 7		1,00	1,50	2,17	3,26
Tubería 8		1,00	1,50	2,22	3,33
Tubería 9		1,00	1,50	1,20	1,80
Tubería 10		1,00	1,50	0,00	0,00
Tubería 11		1,00	1,60	1,88	3,01
Tubería 12		1,00	1,80	2,18	3,92
Tubería 13		1,00	1,80	2,61	4,70
Tubería 14		1,00	1,90	5,09	9,67
Tubería 15		1,00	1,60	1,88	3,01
Tubería 16		1,00	1,70	2,85	4,85
Tubería 17		1,00	1,80	0,00	0,00
pozo 1		1,00	1,00	6,59	6,59
pozo 2		1,00	1,00	6,59	6,59
pozo 3		1,00	1,00	6,59	6,59
pozo 4		1,00	1,00	6,59	6,59
pozo 5		1,00	1,00	7,32	7,32
pozo 6		1,00	1,00	7,32	7,32
pozo 7		1,00	1,00	9,32	9,32
Ítem:	4,01	Unidad de medida:	m ²	Magnitud total:	213,84

4,02		Sardinel en concreto h=0,40m				m
Localización						Longitud (m)
AV 12E						5,17
Ítem:	4,02	Unidad de medida:	m		Magnitud total:	5,17

4,03		Anden en concreto e=0,10m			m ²	
Localización			Long. (m)	B _{prom} (m)	Área (m ²)	
Anden AV 12E			9,38	1,72	16,13	
Ítem:	4,03	Unidad de medida:	m ²		Magnitud total:	16,13

Anexo 2. – Calculo cantidades de obra

8.3. Anexo 3: Análisis de precios unitarios

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: PRELIMINARES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 1.01. CERRAMIENTO VIA		UNIDAD:	ml	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Triturado de 1"	m3	0,011	\$ 22.500,00	\$ 236,25
Arena de rio	m3	0,00525	\$ 35.700,00	\$ 187,43
Cemento gris	Kg	2,2449	\$ 545,00	\$ 1.223,47
tela verde cerramiento	m	1,05	\$ 1.895,00	\$ 1.989,75
Grapa 1"	kg	0,2	\$ 3.461,00	\$ 692,20
vara común 2,5m	und	0,5	\$ 6.000,00	\$ 3.000,00
Balde	M3	0,5	\$ 6.000,00	\$ 3.000,00
			TOTAL MATERIALES	\$ 10.329,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	0,53	\$ 9.965,00	\$ 5.281,45
Ayudante de construcción	hH	1,07	\$ 7.663,00	\$ 8.199,41
Oficial de construcción	hH	0,0095	\$ 9.965,00	\$ 94,67
Ayudante de construcción	hH	0,038	\$ 7.663,00	\$ 291,19
			TOTAL MANO OBRA	\$ 13.867,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Mezcladora 1 bulto	dM	0,003	\$ 47.600,00	\$ 142,80
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 693,35
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 836,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 25.032,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: PRELIMINARES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 1.01. CERRAMIENTO UNIVERSIDAD		UNIDAD:	ml	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
tela verde cerramiento	m	1,05	\$ 1.895,00	\$ 1.989,75
Grapa 1"	kg	0,2	\$ 3.461,00	\$ 692,20
vara común 4m	und	0,5	\$ 10.772,00	\$ 5.386,00
			TOTAL MATERIALES	\$ 8.068,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	0,53	\$ 9.965,00	\$ 5.281,45
Ayudante de construcción	hH	1,07	\$ 7.663,00	\$ 8.199,41
			TOTAL MANO OBRA	\$ 13.481,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 674,05
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 674,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 22.223,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: PRELIMINARES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 1.03. Localización		UNIDAD:	m2	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
			TOTAL MATERIALES	\$ 0,00
II - MANO DE OBRA				
Topógrafo auxiliar	hH	0,012	\$ 18.284,00	\$ 219,41
Cadenero 1	hH	0,012	\$ 15.762,00	\$ 189,14
Cadenero 2	hH	0,012	\$ 12.609,00	\$ 151,31
			TOTAL MANO OBRA	\$ 560,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Equipo de topografía	dE	0,004	\$ 103.500,00	\$ 414,00
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 28,00
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 442,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 1.002,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: PRELIMINARES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 1.04. Demolición manual andén e=0,10m		UNIDAD:	ml	
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Ayudante de construcción	hH	3,1	\$ 7.663,00	\$ 23.755,30
			TOTAL MANO OBRA	\$ 23.755,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 1.187,75
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 1.188,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 24.943,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: PRELIMINARES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 1.05. Demolición de pavimento asfaltico e=> 0,07 m		UNIDAD:	m2	
I – MATERIALES				
			TOTAL MATERIALES	\$ 0,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	0,083	\$ 9.965,00	\$ 827,10
Ayudante de construcción	hH	0,167	\$ 7.663,00	\$ 1.279,72
			TOTAL MANO OBRA	\$ 2.107,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Compresor de aire dos martillos	hM	0,13	\$ 84.283,00	\$ 10.956,79
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 105,35
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 11.062,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 13.169,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: PRELIMINARES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 1.06. Retiro de sobrantes de construcción		UNIDAD:	m3	
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Ayudante de construcción	hH	0,8	\$ 7.663,00	\$ 6.130,40
			TOTAL MANO OBRA	\$ 6.130,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
volqueta 6m3	vje	0,17	\$ 90.000,00	\$ 15.000,00
Cargador	hM	0,03	\$ 85.000,00	\$ 2.550,00
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 306,50
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 17.857,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 23.987,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: MOVIMIENTO DE TIERRAS		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 2.01. Excavación mecánica en tierra		UNIDAD:	m3	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
				\$ -
			TOTAL MATERIALES	\$ 0,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Ayudante de construcción	hH	0,04	\$ 7.663,00	\$ 306,52
			TOTAL MANO OBRA	\$ 307,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Retroexcavadora 215/E120B	hM	0,03	\$ 161.654,00	\$ 4.849,62
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 15,35
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 4.865,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 5.172,00

OBRA: Sistema SUDS		
CAPITULO: MOVIMIENTO DE TIERRAS	FECHA:	1/06/2020
ITEM: 2.02. Entibación semicuajada para una protección del 50%, profundidad hasta 3m, entre 1 y 2m de ancho	UNIDAD:	m2

I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Madera de pino para apuntalamiento y entibación de excavaciones	m3	0,006	\$ 428.819,87	\$ 2.572,92
Codal de madera, de 70 a 90 mm de diámetro y entre 2 y 2,5 m de longitud, para apuntalamiento y entibación de excavaciones	m3	0,007	\$ 386.395,29	\$ 2.704,77
Puntas de acero de 20x100 mm	kg	0,065	\$ 13.341,06	\$ 867,17
			TOTAL MATERIALES	\$ 6.145,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial 1ª encofrador	hH	0,621	\$ 9.965,00	\$ 6.188,27
Ayudante encofrador	hH	0,621	\$ 7.663,00	\$ 4.758,72
			TOTAL MANO OBRA	\$ 10.947,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 547,35
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 547,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 17.639,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: MOVIMIENTO DE TIERRAS		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 2.03.retiro de material sobrante de excavación		UNIDAD:	m3	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
			TOTAL MATERIALES	\$ 0,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
				\$ -
			TOTAL MANO OBRA	\$ -
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
volqueta 6m3	Vje	0,17	\$ 90.000,00	\$ 15.000,00
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 15.000,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 15.000,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.01. Solado en mortero 1:4 con e=0,05m para canales, pozos y desarenadores		UNIDAD:	m2	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Arena amarilla	m3	0,06	\$ 40.000,00	\$ 2.520,00
Cemento gris	kg	19,43	\$ 545,00	\$ 10.586,63
			TOTAL MATERIALES	\$ 13.107,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	0,05	\$ 9.965,00	\$ 498,25
Ayudante de construcción	hH	0,20	\$ 7.663,00	\$ 1.532,60
			TOTAL MANO OBRA	\$ 2.031,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Mezcladora 1 bulto	dM	0,01	\$ 47.600,00	\$ 595,00
Herramienta menor	%	5,00	\$ -	\$ 101,55
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 697,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 15.835,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.02. Canal en concreto, rectangular bxhprom: 0,90x0,80 m, emuro/losa: 0,15 m.		UNIDAD:	m	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Concreto normal 21,0 Mpa	m3	0,33	\$ 370.000,00	\$ 122.100,00
Varilla corrugada 3/8"	kg	36,30	\$ 2.798,00	\$ 101.567,40
vara cuadrada de (3*0,05*0,05)m	und	1,20	\$ 13.000,00	\$ 15.600,00
			TOTAL MATERIALES	\$ 239.267,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción acero 3/8	hH	1,38	\$ 9.965,00	\$ 13.745,72
Ayudante de construcción acero 3/8	hH	5,52	\$ 7.663,00	\$ 42.281,37
Oficial de construcción	hH	4,89	\$ 9.965,00	\$ 48.712,91
Ayudante de construcción	hH	9,78	\$ 7.663,00	\$ 74.936,48
			TOTAL MANO OBRA	\$ 179.676,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Formaleta metálica de 1*0,25	dU	25,00	\$ 135,00	\$ 3.375,00
vibrador (gas/eléctrico)	dM	0,05	\$ 59.500,00	\$ 3.141,60
Herramienta menor	%	5,00	\$ -	\$ 8.983,80
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 15.500,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 434.443,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.03. Rejilla metálica b: 0,70 m, base-recibidor en ángulo acero 3×1/4 plg. Relleno a 45° en platina acero 2½×3/8 plg. Bisagra tipo industrial 4 plg. Incluye pintura epóxica bxhprom: 0,90x0,80 m, emuro/losa: 0,15 m.		UNIDAD:	m	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Angulo de 3"	Gl	1	\$ 90.000,00	\$ 90.000,00
Angulo de 2 1/2"	Gl	1	\$ 79.000,00	\$ 79.000,00
Platina de 3/8	Gl	1	\$ 328.000,00	\$ 328.000,00
Soldadura	Gl	1	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00
Combo de pintura	Gl	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
Disco de pulir y corte	Gl	1	\$ 43.000,00	\$ 43.000,00
			TOTAL MATERIALES	\$ 591.000,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Ornamentador	Gl	1,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
Oficial de especialidad	hH	0,40	\$ 9.965,00	\$ 3.986,00
Ayudante de ayudante de especialidad	hH	0,40	\$ 7.663,00	\$ 3.065,20
			TOTAL MANO OBRA	\$ 307.051,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5,00	\$ -	\$ 15.352,55
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 15.353,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 913.404,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.04. Adquisición de formaleta metálica para pozos de inspección		UNIDAD:	GI	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
			\$ -	\$ -
			TOTAL MATERIALES	\$ 0
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
			TOTAL MANO OBRA	\$ -
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Formaleta metálica circular en lamina HR cal. 3mm con refuerzos horizontales 3mm D.interno=1,8m h=1m	Und	2,00	\$ 2.250.000	\$ 4.500.000,00
Formaleta metálica circular en lamina HR cal. 3mm con refuerzos horizontales 3mm D.externo=2,2m h=1m	Und	2,00	\$.800.000	\$ 5.600.000,00
Formaleta metálica circular en lamina HR cal. 3mm con refuerzos horizontales 3mm D.externo= 2,10m h=1m	Und	2,00	\$ 2.650.000	\$ 5.300.000,00
Formaleta metálica circular en lamina HR cal. 3mm con refuerzos horizontales 3mm D.externo= 2,50m h=1m	Und	2,00	\$ 3.250.000	\$ 6.500.000,00
Formaleta metálica circular en lamina HR cal. 3mm con refuerzos horizontales 3mm D.interno=2,40m h=1m	Und	1,00	\$ 3.050.000	\$ 3.050.000,00
Formaleta metálica circular en lamina HR cal. 3mm con refuerzos horizontales 3mm D.interno=2,80m h=1m	Und	1,00	\$ 3.750.000	\$ 3.750.000,00
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ -
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 28.700.000,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 28.700.000,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.05. Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 1,80 m ; altura interna: 1,70 m y e= 0,20 m F'c= 21 Mpa		UNIDAD:	Und	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Concreto normal 21,0 Mpa	m3	3,88	\$ 370.000,00	\$ 1.435.600,00
Alambre negro No. 18	kg	3,65	\$ 3.115,00	\$ 11.369,75
Varilla corrugada 1/2"	kg	47,60	\$ 2.798,00	\$ 133.184,80
Varilla corrugada 3/8"	kg	13,22	\$ 2.817,00	\$ 37.240,74
Varilla lisa acero inoxidable 16mm	m	4,97	\$ 45.074,05	\$ 224.000,00
XYPEX concentrado gris 25kg	kg	15,13	\$ 26.236,00	\$ 396.990,53
			TOTAL MATERIALES	\$ 2.238.386,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	57,48	\$ 9.965,00	\$ 572.745,68
Ayudante de construcción	hH	114,98	\$ 7.663,00	\$ 881.071,31
Oficial de construcción acero 1/2	hH	1,71	\$ 9.965,00	\$ 17.076,02
Ayudante de construcción acero 1/2	hH	6,85	\$ 7.663,00	\$ 52.525,27
Oficial de construcción acero 3/8	hH	0,50	\$ 9.965,00	\$ 5.006,02
Ayudante de construcción acero 3/8	hH	2,01	\$ 7.663,00	\$ 15.398,34
Ayudante de construcción impermeabilización	hH	9,31	\$ 7.663,00	\$ 71.355,59
			TOTAL MANO OBRA	\$ 1.615.178,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Formaleta de madera D=1,80	Und	1,00	\$ 110.000	\$ 110.000
Paral metálico de 2,4	Du	37,00	\$ 150	\$ 5.550
vibrador (gas/eléctrico)	dM	0,47	\$ 59.500	\$ 27.703
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 80.758,90
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 224.012,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 4.077.576,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.06. Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 2,10 m ; altura interna: 1,90 m y e= 0,20 m F'c= 21 Mpa		UNIDAD:	Und	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Concreto normal 21,0 Mpa	m3	5,00	\$ 370.000,00	\$ 1.851.110,00
Alambre negro No. 18	kg	4,80	\$ 3.115,00	\$ 14.952,00
Varilla corrugada 1/2"	kg	63,48	\$ 2.558,00	\$ 162.381,84
Varilla corrugada 1/4" a 3/8"	kg	16,49	\$ 3.878,00	\$ 63.948,22
Varilla lisa acero inoxidable 16mm	m	4,97	\$ 45.074,05	\$ 224.000,00
XYPEX concentrado gris 25kg	kg	20,10	\$ 26.236,00	\$ 527.309,38
			TOTAL MATERIALES	\$ 2.843.701,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	74,07	\$ 9.965,00	\$ 738.074,33
Ayudante de construcción	hH	148,17	\$ 7.663,00	\$ 1.135.401,17
Oficial de construcción aceros 1/2	hH	2,29	\$ 9.965,00	\$ 22.772,82
Ayudante de construcción acero 1/2	hH	9,14	\$ 7.663,00	\$ 70.048,40
Oficial de construcción acero 3/8	hH	0,63	\$ 9.965,00	\$ 6.244,27
Ayudante de construcción acero 3/8	hH	2,51	\$ 7.663,00	\$ 19.207,16
Ayudante de construcción impermeabilización	hH	12,37	\$ 7.663,00	\$ 94.779,26
			TOTAL MANO OBRA	\$ 2.086.527,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Formaleta de madera D=2,10m	Und	1,00	\$ 118.000,00	\$ 118.000,00
Paral metálico de 2,4	Du	55,40	\$ 150,00	\$ 8.310,00
vibrador (gas/eléctrico)	dM	0,60	\$ 59.500,00	\$ 35.700,00
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 104.326,35
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 266.336,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 5.196.564,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.07.Pozo cilíndrico en concreto diámetro interno: 2,40 m ; altura interna: 1,90 m y e= 0,20 m F'c= 21 Mpa		UNIDAD:	Und	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Concreto normal 21,0 Mpa	m3	5,94	\$ 370.000,00	\$ 2.197.060,00
Alambre negro No. 18	kg	8,04	\$ 3.115,00	\$ 25.042,11
Varilla corrugada 1/2"	kg	79,40	\$ 2.558,00	\$ 203.105,20
Varilla corrugada 1/4" a 3/8"	kg	21,09	\$ 3.878,00	\$ 81.787,02
Varilla lisa acero inoxidable 16mm	kg	4,97	\$ 45.074,05	\$ 224.000,00
XYPEX concentrado gris 25kg	kg	23,12	\$ 26.236,00	\$ 606.467,85
			TOTAL MATERIALES	\$ 3.337.462,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	87,96	\$ 9.965,00	\$ 876.537,08
Ayudante de construcción	hH	175,96	\$ 7.663,00	\$ 1.348.402,43
Oficial de construcción acero 1/2	hH	2,86	\$ 9.965,00	\$ 28.483,96
Ayudante de construcción acero 1/2	hH	11,43	\$ 7.663,00	\$ 87.615,68
Oficial de construcción acero 3/8	hH	0,80	\$ 9.965,00	\$ 7.986,15
Ayudante de construcción acero 3/8	hH	3,21	\$ 7.663,00	\$ 24.565,13
Ayudante de construcción impermeabilización	hH	14,23	\$ 7.663,00	\$ 109.007,31
			TOTAL MANO OBRA	\$ 2.482.598,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Formaleta de madera D=2,40m	Und	1,00	\$ 130.000,00	\$ 130.000,00
Paral metálico de 2,4	Du	76,60	\$ 150,00	\$ 11.490,00
vibrador (gas/eléctrico)	dM	0,71	\$ 59.500,00	\$ 42.397,32
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 124.129,90
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 308.017,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 6.128.077,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.08.Tapa para pozo plástica marca inox		UNIDAD:	Und	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Tapa de seguridad con bisagras cámara con marco	und	1,00	\$ 225.000,00	\$ 225.000,00
Mortero 1:2	m3	0,02	\$ 421.329,00	\$ 9.690,57
			TOTAL MATERIALES	\$ 234.691,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	0,53	\$ 9.965,00	\$ 5.281,45
Ayudante de construcción	hH	0,53	\$ 7.663,00	\$ 4.061,39
			TOTAL MANO OBRA	\$ 9.343,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 467,15
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 467,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 244.501,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.09.Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 600 mm.		UNIDAD:	m	
I - MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Lubricante	kg	0,006	\$ 29.290,00	\$ 175,74
Unión Novaloc D=24"	und	0,20	\$ 495.387,09	\$ 99.077,42
Tubo de alcantarillado NOVALOC D=24"	m	1,03	\$ 387.730,14	\$ 399.362,04
			TOTAL MATERIALES	\$ 498.615,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	1,00	\$ 9.965,00	\$ 9.965,00
Ayudante de construcción	hH	2,00	\$ 7.663,00	\$ 15.326,00
			TOTAL MANO OBRA	\$ 25.291,00
III - EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 1.264,55
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 1.265,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 525.171,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.10.Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 800 mm.		UNIDAD:	m	
I - MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Lubricante	kg	0,012	\$ 29.290,00	\$ 351,48
Unión Novaloc D=33"	und	0,20	\$ 167.647,11	\$ 33.529,42
Tubo de alcantarillado NOVALOC D=33"	m	1,03	\$ 738.487,59	\$ 760.642,22
			TOTAL MATERIALES	\$ 794.523,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	1,33	\$ 9.965,00	\$ 13.293,31
Ayudante de construcción	hH	5,34	\$ 7.663,00	\$ 40.889,77
			TOTAL MANO OBRA	\$ 54.183,00
III - EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 2.709,15
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 2.709,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 851.415,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.11.Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 900 mm.		UNIDAD:	m	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Lubricante	kg	0,015	\$ 29.290,00	\$ 439,35
Unión Novaloc D=36"	und	0,20	\$ 178.084,50	\$ 35.616,90
Tubo de alcantarillado NOFORT S4 PLUS 900mm 36" 6,5m	m	1,03	\$ 1.090.348,30	\$ 1.123.058,75
			TOTAL MATERIALES	\$ 1.159.115,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	1,33	\$ 9.965,00	\$ 13.283,35
Ayudante de construcción	hH	6,67	\$ 7.663,00	\$ 51.089,22
			TOTAL MANO OBRA	\$ 64.373,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 3.218,65
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 3.219,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 1.226.707,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.12.Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 1000 mm.		UNIDAD:	m	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Lubricante	kg	0,02	\$ 29.290,00	\$ 585,80
Unión Novaloc D=39"	und	0,20	\$ 200.658,21	\$ 40.131,64
Tubo de alcantarillado NOVALOC D= 39"	m	1,03	\$ 1.090.348,30	\$ 1.123.058,75
			TOTAL MATERIALES	\$ 1.163.776,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	1,34	\$ 9.965,00	\$ 13.323,21
Ayudante de construcción	hH	9,36	\$ 7.663,00	\$ 71.748,67
			TOTAL MANO OBRA	\$ 85.072,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 4.253,60
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 4.254,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 1.253.102,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.13.Sum./inst. Tubería GRP NTC 3871 Ø 1100 mm.		UNIDAD:	m	
I - MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Lubricante	kg	0,03	\$ 29.290,00	\$ 878,70
Unión Novaloc D=45"	und	0,20	\$ 211.089,00	\$ 42.217,80
Tubo de alcantarillado NOVALOC 45 MT	m	1,03	\$ 1.743.463,05	\$ 1.795.766,94
			TOTAL MATERIALES	\$ 1.838.863,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	1,33	\$ 9.965,00	\$ 13.253,45
Ayudante de construcción	hH	12,01	\$ 7.663,00	\$ 92.001,98
			TOTAL MANO OBRA	\$ 105.255,00
III - EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 5.262,75
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 5.263,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 1.949.381,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.14.Desarenador en concreto reforzado de 6,75 m x 3,10 m; h= 4,10 m; e= 0,30m; concreto reforzado de 21 Mpa		UNIDAD:	Und	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Concreto normal 21,0 Mpa	m3	30,82	\$ 370.000,00	\$ 11.403.400,00
Alambre negro No. 18	kg	203,412	\$ 3.115,00	\$ 633.628,38
Varilla corrugada 1/2"	kg	3390,2	\$ 2.558,00	\$ 8.672.131,60
Varilla lisa acero inoxidable 16mm	kg	14,91	\$ 45.074,05	\$ 672.000,00
XYPEX concentrado gris 25kg	kg	107,41	\$ 26.236,00	\$ 2.818.091,40
			TOTAL MATERIALES	\$ 24.199.251,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	542,43	\$ 9.965,00	\$ 5.405.334,88
Ayudante de construcción	hH	1627,30	\$ 7.663,00	\$ 12.469.969,25
Oficial de construcción aceros	hH	122,05	\$ 9.965,00	\$ 1.216.200,35
Ayudante de construcción aceros	hH	488,19	\$ 7.663,00	\$ 3.740.990,77
Ayudante de construcción impermeabilización	hH	57,95	\$ 7.663,00	\$ 444.070,85
			TOTAL MANO OBRA	\$ 23.276.566,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Formaleta metálica (1,20*0,25)m	dU	180	\$ 120,00	\$ 21.600,00
Formaleta metálica (1,20*0,40)m	dU	228	\$ 120,00	\$ 27.360,00
Formaleta metálica (1,20*0,50)m	dU	2400	\$ 120,00	\$ 288.000,00
Formaleta metálica (1,20*0,60)m	dU	108	\$ 120,00	\$ 12.960,00
cercha metálica	dU	148	\$ 119,00	\$ 17.612,00
paral metálico 4m	dU	2539	\$ 202,00	\$ 512.878,00
tablero metálico (1*0,5)m	dU	937,5	\$ 119,00	\$ 111.562,50
vibrador (gas/eléctrico)	dM	7,705	\$ 59.500,00	\$ 458.447,50
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 1.163.828,30
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 2.614.248,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 50.090.065,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.15.Desarenador en concreto reforzado de 6,75 m x 3,10 m; h= 4,90 m; e= 0,30m; concreto reforzado de 21 Mpa		UNIDAD:	Und	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Concreto normal 21,0 Mpa	m3	32,39	\$ 370.000,00	\$ 11.984.300,00
Alambre negro No. 18	kg	213,77	\$ 3.115,00	\$ 665.906,01
Varilla corrugada 1/2"	kg	3562,90	\$ 2.558,00	\$ 9.113.898,20
Varilla lisa acero inoxidable 16mm	kg	18,64	\$ 45.074,05	\$ 840.000,00
XYPEX concentrado gris 25kg	kg	126,65	\$ 26.236,00	\$ 3.322.872,04
			TOTAL MATERIALES	\$ 25.926.976,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	570,06	\$ 9.965,00	\$ 5.680.687,76
Ayudante de construcción	hH	1710,19	\$ 7.663,00	\$ 13.105.201,30
Oficial de construcción aceros	hH	128,26	\$ 9.965,00	\$ 1.278.154,75
Ayudante de construcción aceros	hH	513,06	\$ 7.663,00	\$ 3.931.560,39
Ayudante de construcción impermeabilización	hH	69,79	\$ 7.663,00	\$ 534.800,77
			TOTAL MANO OBRA	\$ 24.530.405,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Formaleta metálica (1,20*0,25)m	dU	120	\$ 120,00	\$ 14.400,00
Formaleta metálica (1,20*0,40)m	dU	132	\$ 120,00	\$ 15.840,00
Formaleta metálica (1,20*0,50)m	dU	4080	\$ 120,00	\$ 489.600,00
Formaleta metálica (1,20*0,60)m	dU	396	\$ 120,00	\$ 47.520,00
cercha metálica	dU	148	\$ 119,00	\$ 17.612,00
paral metálico 4m	dU	3637	\$ 202,00	\$ 734.674,00
tablero metálico (1*0,5)m	dU	1012,5	\$ 119,00	\$ 120.487,50
vibrador (gas/eléctrico)	dM	8,0975	\$ 59.500,00	\$ 481.801,25
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 1.226.520,25
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 3.148.455,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 53.605.836,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.16.Tanque en aquacell de 55,5 m3		UNIDAD:	Und	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Grava triturada	m3	9,38	\$ 30.672,00	\$ 287.550,00
Geotextil sika 2500 (tejido)	m2	415,00	\$ 1.100,00	\$ 456.500,00
Geomembrana de 30 mils	m2	144,00	\$ 18.550,00	\$ 2.671.200,00
Aquacell	kit	8,00	\$ 314.322,00	\$ 2.514.576,00
Tubo durman sanitario 3"x6m	m	2,95	\$ 9.650,00	\$ 28.467,50
Codo 45x3" durman sanitario	und	2	\$ 5.220,00	\$ 10.440,00
			TOTAL MATERIALES	\$ 5.929.826,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	8,00	\$ 9.965,00	\$ 79.720,00
Ayudante de construcción	hH	16,00	\$ 7.663,00	\$ 122.608,00
Ayudante de construcción rana	hH	31,88	\$ 7.663,00	\$ 244.258,13
Ayudante de construcción geomembrana/geotextil	hH	44,72	\$ 7.663,00	\$ 342.689,36
			TOTAL MANO OBRA	\$ 789.275,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Vibrocompactador rana	dM	0,51563	\$ 59.500,00	\$ 30.679,69
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 39.463,75
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 70.143,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 6.789.244,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 3.17.Relleno con material seleccionado de la misma excavación		UNIDAD:	m3	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
			\$ -	\$ -
			TOTAL MATERIALES	\$ 0
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Ayudante de construcción	hH	3,40	\$ 7.663,00	\$ 26.054,20
Ayudante de construcción rana	hH	3,40	\$ 7.663,00	\$ 26.054,20
			TOTAL MANO OBRA	\$ 52.108,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Vibrocompactador rana 8hp	dM	0,05	\$ 59.500,00	\$ 2.975,00
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 2.605,40
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 5.580,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 57.688,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: REPOSICION DE INFRAESTRUCTURAS EXISTES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 4.01.Sellado de subrasante en emulsión asfáltica		UNIDAD:	m2	
I – MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Sub base granular para bacheo tamaño máximo 2" e=0,15 m	m3	0,20	\$ 1.300,00	\$ 253,50
Base granular para bacheo tamaño máximo 1 1/2" e=,10 m	m3	0,13	\$ 1.300,00	\$ 169,00
Mezcla densa en caliente para bacheo MDC-2 e=0,08 m	m3	0,10	\$ 1.250,00	\$ 125,00
			TOTAL MATERIALES	\$ 548,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción sub base	hH	0,10	\$ 9.965,00	\$ 986,54
Ayudante de construcción sub base	hH	0,40	\$ 7.663,00	\$ 3.034,55
Oficial de construcción base	hH	0,05	\$ 9.965,00	\$ 538,11
Ayudante de construcción base	hH	0,22	\$ 7.663,00	\$ 1.655,21
Oficial de construcción carpeta de rodadura	hH	0,01	\$ 9.965,00	\$ 56,60
Ayudante de construcción carpeta de rodadura	hH	0,04	\$ 7.663,00	\$ 305,91
			TOTAL MANO OBRA	\$ 6.577,00
III – EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Vibrocompactador rana 8hp	dM	0,08	\$ 59.500,00	\$ 4.762,98
Vibrocompactador carpeta asfáltica	dM	0,005	\$ 96.944,00	\$ 442,06
volqueta 6m3 base, sub base	Vje	0,04	\$ 86.172,00	\$ 3.590,50
volqueta 5m3 asfalto	m3/km	1,04	\$ 1.023,00	\$ 1.063,92
compactador de llantas	hM	0,04	\$ 80.000,00	\$ 3.392,00
terminador de asfalto	hM	0,01	\$ 200.674,00	\$ 1.075,61
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 328,85
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 14.656,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 21.781,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: REPOSICION DE INFRAESTRUCTURAS EXISTES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 4.02.Sardinell en concreto h=0,40m		UNIDAD:	m	
I - MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Concreto clase F 2000PSI	m3	0,12	\$ 252.591,00	\$ 30.310,92
			TOTAL MATERIALES	\$ 30.311,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	0,32	\$ 9.965,00	\$ 3.188,80
Ayudante de construcción	hH	0,96	\$ 7.663,00	\$ 7.356,48
			TOTAL MANO OBRA	\$ 10.545,00
III - EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Vibrador (gas/elec)	dM	0,03	\$ 59.500,00	\$ 1.785,00
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 527,25
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 2.312,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 43.168,00

OBRA: Sistema SUDS				
CAPITULO: REPOSICION DE INFRAESTRUCTURAS EXISTES		FECHA:	1/06/2020	
ITEM: 4.03. Anden en concreto e=0,10m		UNIDAD:	m2	
I - MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Concreto normal 21Mpa TM 1"	m3	0,11	\$ 360.000,00	\$ 39.600,00
			TOTAL MATERIALES	\$ 39.600,00
II - MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNID.	REND	JORNAL TOT	V/R PARCIAL
Oficial de construcción	hH	0,66	\$ 9.965,00	\$ 6.576,90
Ayudante de construcción	hH	0,66	\$ 7.663,00	\$ 5.057,58
			TOTAL MANO OBRA	\$ 11.634,00
III - EQUIPO				
DESCRIPCION	UND	CANT.	V/R UNIT.	V/R PARCIAL
Formaleta de 1*0,25	dU	2	\$ 125,00	\$ 250,00
Herramienta menor	%	5	\$ -	\$ 581,70
			SUB-TOTAL EQUIPO	\$ 832,00
			COSTOS DIRECTOS	\$ 52.066,00

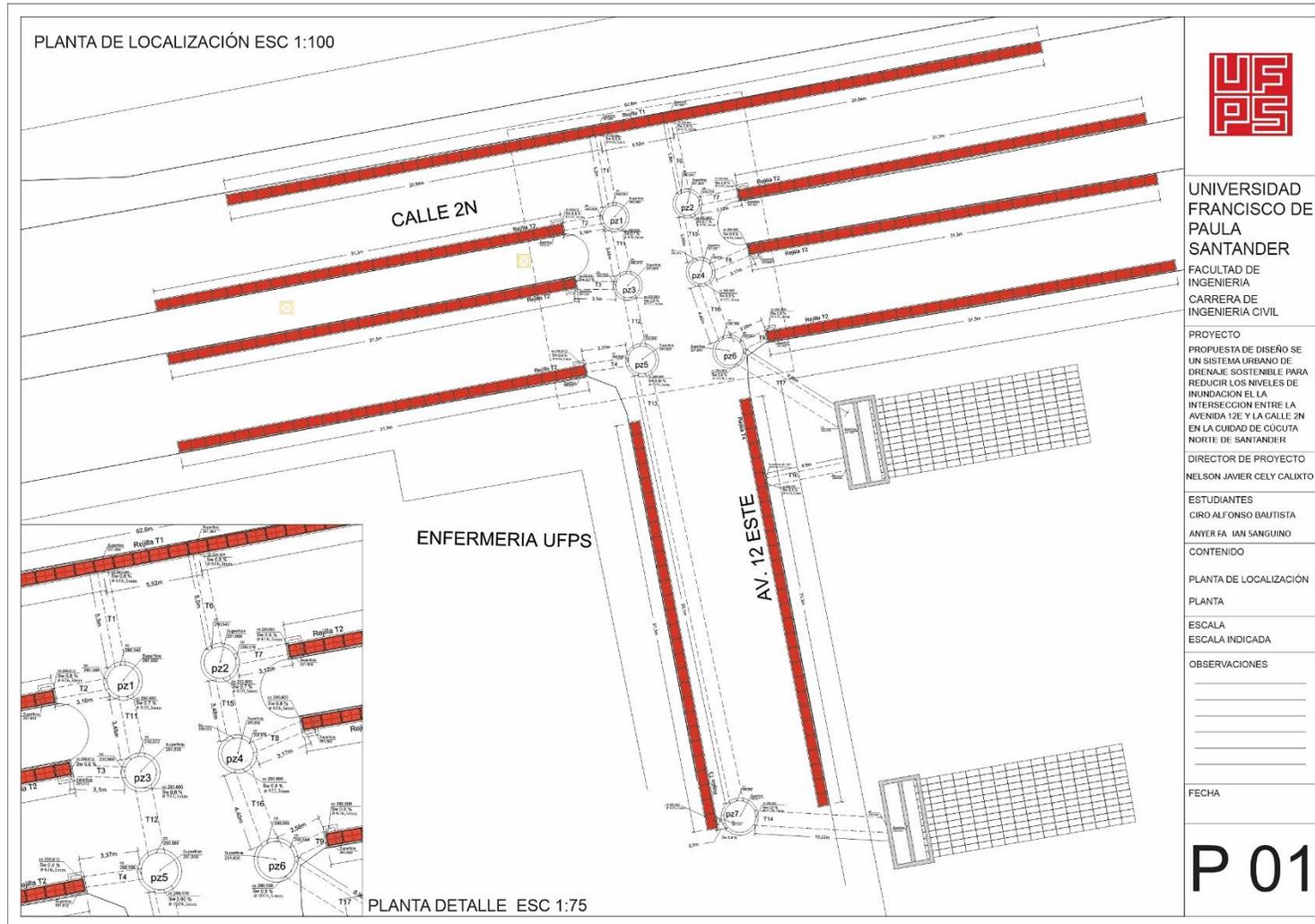
Anexo 3. - Análisis de precios unitarios

8.4. Anexo 4: Imágenes ambientadas del sector



Anexo 4. - Ambientación 3D de la intersección

8.5. Anexo 5: Planos Finales



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERIA
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO
 PROPUESTA DE DISEÑO SE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA REDUCIR LOS NIVELES DE INUNDACION EN LA INTERSECCION ENTRE LA AVENIDA 12E Y LA CALLE 2N EN LA CIUDAD DE CUCUTA NORTE DE SANTANDER

DIRECTOR DE PROYECTO
 NELSON JAVIER CELY CALIXTO

ESTUDIANTES
 CIRO ALFONSO BAUTISTA
 ANYER FA IAN SANGUINO

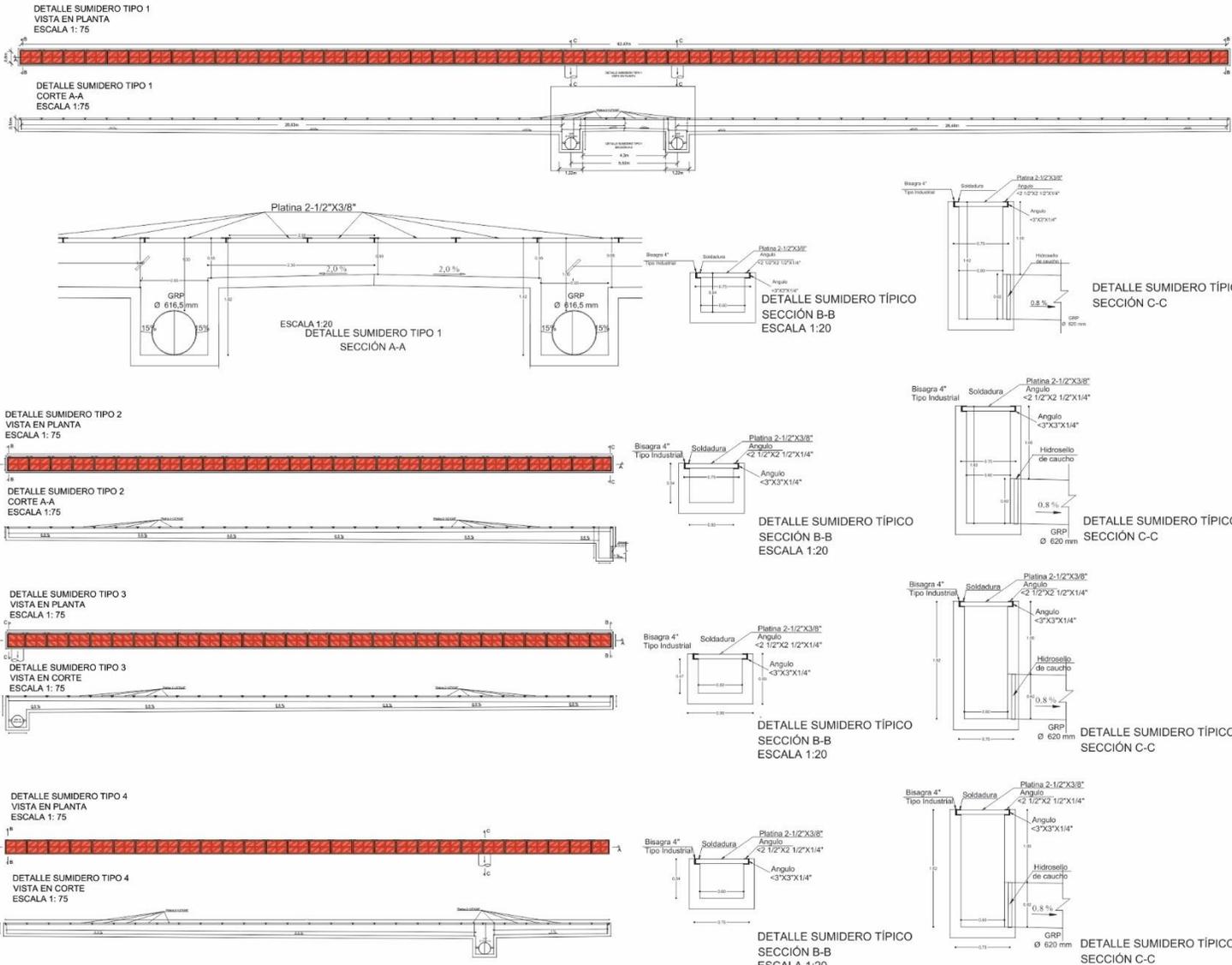
CONTENIDO
 PLANTA DE LOCALIZACION
 PLANTA

ESCALA
 ESCALA INDICADA

OBSERVACIONES

FECHA

P 01



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERIA
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO
 PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA REDUCIR LOS NIVELES DE INUNDACION EN LA INTERSECCION ENTRE LA AVENIDA 12E Y LA CALLE 2N EN LA CIUDAD DE CUCUTA NORTE DE SANTANDER

DIRECTOR DE PROYECTO
 NELSON JAVIER CELY CALIXTO

ESTUDIANTES
 CIRO ALFONSO BAUTISTA
 ANYER FA IAN SANGUINO

CONTENIDO

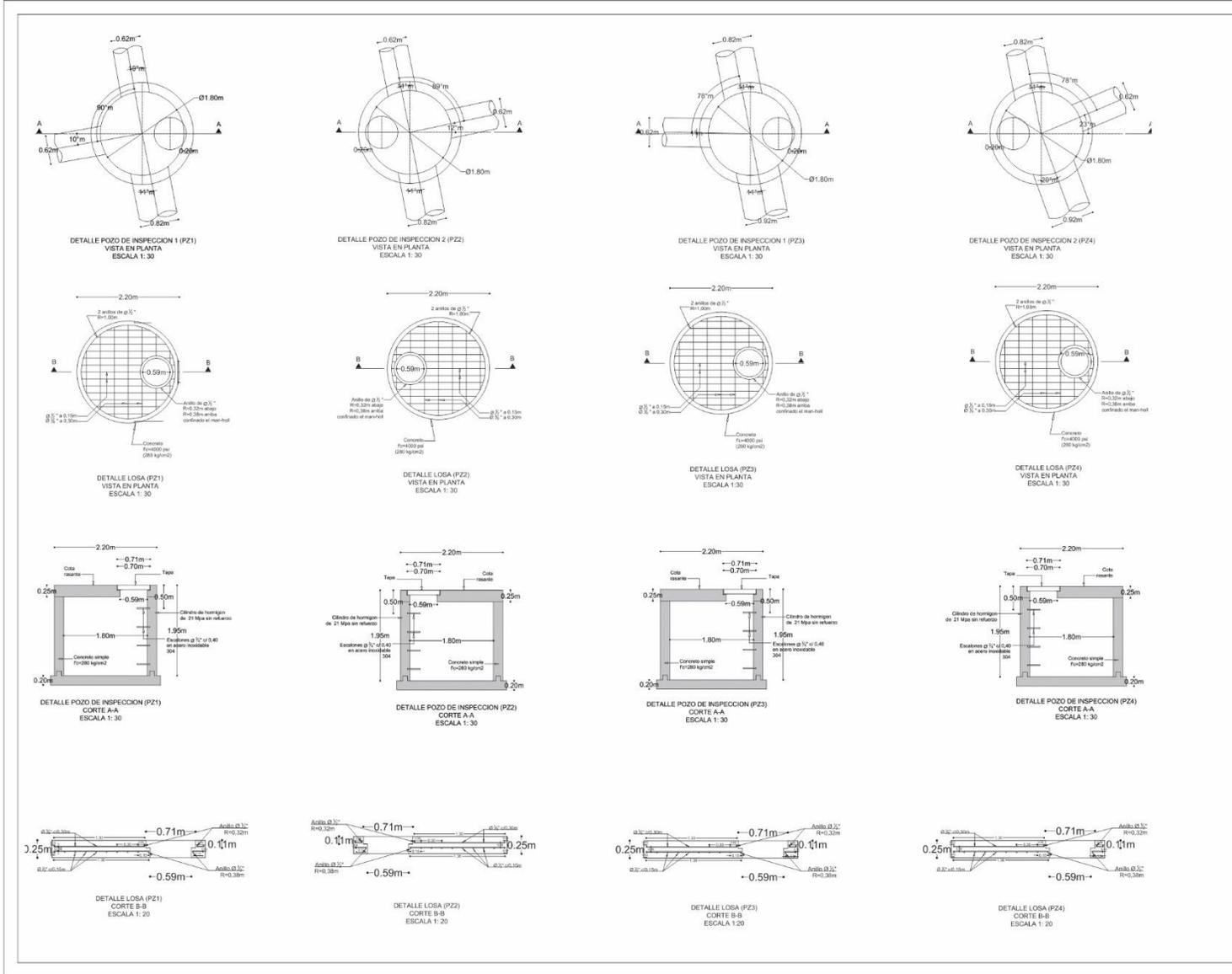
PLANTA SUMIDERO
 CORTE SUMIDERO
 DETALLE SUMIDERO

ESCALA
 ESCALA INDICADA

OBSERVACIONES

FECHA
 JUNIO 2020

P 02



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO PROPUESTA DE DISEÑO SE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA REDUCIR LOS NIVELES DE INUNDACION EN LA INTERSECCION ENTRE LA AVENIDA 12E Y LA CALLE 2N EN LA CIUDAD DE CÚCUTA NORTE DE SANTANDER

DIRECTOR DE PROYECTO NELSON JAVIER CELY CALIXTO

ESTUDIANTES CIRO ALFONSO BAUTISTA ANYER FA IAN SANGUINO

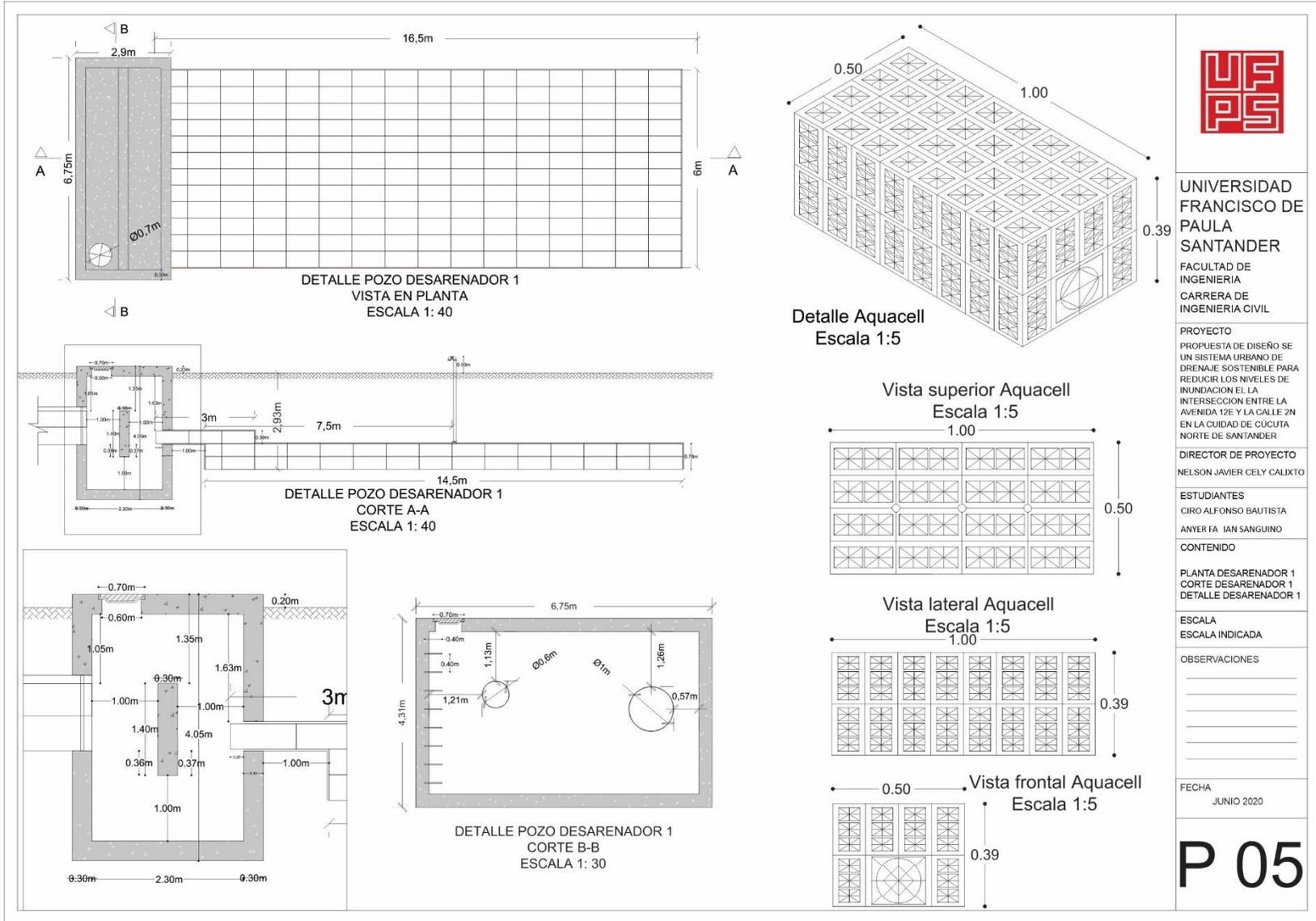
CONTENIDO DETALLE POZO DE INSPECCION

ESCALA ESCALA INDICADA

OBSERVACIONES

FECHA JUNIO 2020

P 03



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO
PROPUESTA DE DISEÑO SE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA REDUCIR LOS NIVELES DE INUNDACION EN LA INTERSECCION ENTRE LA AVENIDA 12E Y LA CALLE 2N EN LA CIUDAD DE CUCUTA NORTE DE SANTANDER

DIRECTOR DE PROYECTO
NELSON JAVIER CELY CALIXTO

ESTUDIANTES
CIRO ALFONSO BAUTISTA
ANYER FA IAN SANGUINO

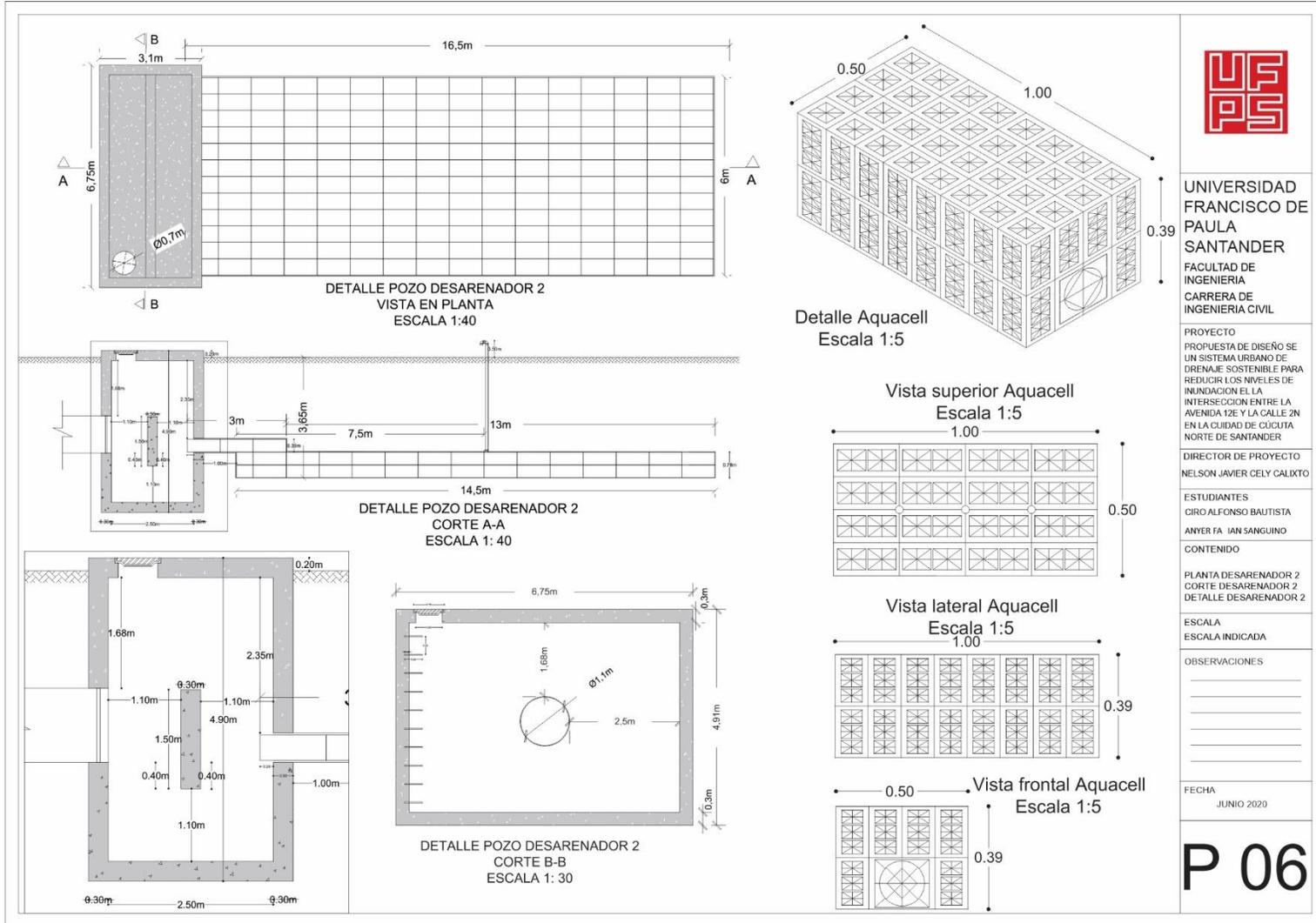
CONTENIDO
PLANTA DESARENADOR 1
CORTE DESARENADOR 1
DETALLE DESARENADOR 1

ESCALA
ESCALA INDICADA

OBSERVACIONES

FECHA
JUNIO 2020

P 05



UNIVERSIDAD
FRANCISCO DE
PAULA
SANTANDER
FACULTAD DE
INGENIERIA
CARRERA DE
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO
PROPUESTA DE DISEÑO SE
UN SISTEMA URBANO DE
DRENAJE SOSTENIBLE PARA
REDUCIR LOS NIVELES DE
INUNDACION EN LA
INTERSECCION ENTRE LA
AVENIDA 12E Y LA CALLE 2N
EN LA CIUDAD DE CUCUTA
NORTE DE SANTANDER

DIRECTOR DE PROYECTO
NELSON JAVIER CELY CALIXTO

ESTUDIANTES
CIRO ALFONSO BAUTISTA
ANYER FA IAN SANGUINO

CONTENIDO
PLANTA DESARENADOR 2
CORTE DESARENADOR 2
DETALLE DESARENADOR 2

ESCALA
ESCALA INDICADA

OBSERVACIONES

FECHA
JUNIO 2020

P 06

Anexo 5. Planos finales del proyecto