

**MODELO ECONÓMICO Y FINANCIERO CON ENFOQUE SISTÉMICO
URBANÍSTICO DE DRENAJE SOSTENIBLE EN EL BARRIO TAO (PACHO-
CUNDINAMARCA)**

Trabajo de investigación para optar al Título de Ingeniería Civil

Presentado por:

Maria Alejandra Ladino Molina

Karen Liseth Cruz Zambrano

Andrés Felipe Velásquez Morales

Director:

Jimena del Pilar Espeleta Diaz

Codirector:

Fredy Alexander Niño Morales



Universidad Piloto de Colombia

Facultad de Ingeniería civil

Trabajo de Grado

Bogotá D.C.

2023

1. Línea de investigación

Gestión económica para el desarrollo.

2. Resumen

Dentro de este documento se desarrollará el modelo económico y financiero para un sistema de drenaje sostenible con finalidad de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos que pertenecen al Municipio de Pacho - Cundinamarca ubicados en el barrio Tao, teniendo como base la tesis “PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS), EN EL BARRIO TAO (PACHO – CUNDINAMARCA)” (Guarnizo, T. and Gonzalez, L. (2021)), así mismo se diseñara los planos arquitectónicos, estructurales, hidráulicos, eléctricos y paisajístico con el fin de estimar el presupuesto que se destinara para la realización de este proyecto, posterior a eso se realizará la viabilidad económica buscando como objetivo la realización del mismo, así mismo se desarrolla un estudio de mercado mostrando detalladamente lo necesario para la ejecución del proyecto, contara con un modelo CANVAS el cual cumplirá con la función de mostrar el proyecto de una manera más dinámica y visual, por consiguiente se realizara un matriz DOFA del sistema de drenaje sostenible como herramienta estratégica la cual permitirá vislumbra la situación en la que se encuentra conformado el proyecto analizando las características internas y externas que la componen en una matriz cuadrada.

3. Abstract

This document will develop the economic and financial model for a sustainable drainage system in order to improve the quality of life of citizens belonging to the Municipality of Pacho Cundinamarca located in the Tao neighborhood, based on the thesis “PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS), EN EL BARRIO TAO (PACHO – CUNDINAMARCA)” (Guarnizo, T. and Gonzalez, L. (2021)),, likewise the architectural, structural, hydraulic, electrical and landscaping plans will be designed with the purpose of estimating the budget that will be destined for the realization of this project, After that, the economic feasibility will be carried out looking for the realization of the project as an objective, likewise a market study will be developed showing in detail what is necessary for the execution of the project, it will have a CANVAS model which will fulfill the function of showing the project in a more dynamic and visual way, therefore a DOFA matrix of the sustainable drainage system will be carried out as a strategic tool which will allow a glimpse of the situation in which the project is conformed by analyzing the internal and external characteristics that compose it in a square matrix.

Tabla de contenido

1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	2
2. RESUMEN.....	2
3. ABSTRACT	3
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	11
5. INTRODUCCIÓN.....	12
6. OBJETIVOS	15
6.1. OBJETIVO GENERAL	15
6.2. OBJETIVO ESPECIFICO	15
7. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	16
7.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	16
7.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	17
7.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
8. MARCO DE REFERENCIA	19
9. ANTECEDENTES – ESTADO DEL ARTE	21
9.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL	21
9.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL	23
10. CASO DE ESTUDIO	26
10.1. OFERTA	26
10.2. DEMANDA	26
10.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	27

10.4.	LOCALIZACIÓN Y ASPECTOS GENERALES	28
10.5.	DATOS DEL MUNICIPIO	29
10.6.	PRECIPITACIÓN.....	30
10.7.	ODS	31
10.8.	MODELO CANVA.....	34
11.	ANÁLISIS DE RESULTADO.....	35
11.1.	MATRIZ DOFA	35
11.2.	COMPARACIÓN DE UN SISTEMA CONVENCIONAL DE DRENAJE VS SUDS.....	35
12.	ESTUDIO FINANCIERO	37
12.1.	NORMATIVIDAD	37
12.2.	CÁLCULOS.....	38
12.2.1.	<i>Calculo Hidráulico.....</i>	<i>38</i>
12.2.2.	<i>Calculo estructural.....</i>	<i>39</i>
12.2.2.1.	Columnas.....	39
12.2.2.2.	Zapata aislada.....	39
12.2.2.3.	Vigas	43
12.3.	PLANOS	49
12.3.1.	<i>Plano Arquitectónico SUDS.....</i>	<i>51</i>
12.3.2.	<i>Plano Arquitectónico Restaurante</i>	<i>52</i>
12.3.3.	<i>Plano estructural.....</i>	<i>53</i>
12.3.4.	<i>Plano eléctrico SUDS.....</i>	<i>54</i>
12.3.5.	<i>Plano eléctrico restaurante</i>	<i>55</i>
12.3.6.	<i>Plano hidráulico SUDS</i>	<i>56</i>

12.3.7. Plano Hidrosanitario restaurante	57
12.4. COSTOS DIRECTOS	58
12.4.1. Proceso constructivo	58
12.4.2. Cantidades.....	59
12.4.3. Duración del proyecto.....	60
12.4.3.1. Mano de obra.....	60
12.4.3.2. Duración por semanas del proyecto	61
12.4.4. Análisis de Precios Unitarios (APU's).....	62
12.4.5. Presupuesto	62
12.4.6. Curva S.....	63
12.5. VIABILIDAD.....	64
12.6. COSTOS INDIRECTOS	67
12.6.1. Costos indirectos de obra.....	67
12.6.2. Costos indirectos de oficina	68
12.7. PROPUESTA DE MODELO FINANCIERO.....	69
13. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	71
14. IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA OBRA.....	73
15. CONCLUSIONES.....	75
16. BIBLIOGRAFÍA.....	77
17. ANEXOS	83

Tabla de Contenido de Ilustraciones

Ilustración 1 Ubicación de Pacho en Cundinamarca.	28
Ilustración 2 ubicación de Tao.	29
Ilustración 3 Barrio Tao.....	29
Ilustración 4 Precipitación Pacho 2022.	31
Ilustración 5 Objetivo de desarrollo sostenible. Salud y Bienestar	31
Ilustración 6 Objetivo de desarrollo sostenible. Agua limpia y saneamiento.	32
Ilustración 7 Objetivo de desarrollo sostenible. Industria, Innovación e Infraestructura. ...	32
Ilustración 8 Objetivo de desarrollo sostenible. Ciudades y Comunidades Sostenibles. ...	33
Ilustración 9 Objetivo de desarrollo sostenible. Acción por el clima.....	33
Ilustración 10 Objetivo de desarrollo sostenible. Vida de ecosistemas Terrestres.....	34
Ilustración 11 Modelo Canva Tomada de: Autores.....	34
Ilustración 12 Matriz DOFA Tomada de: Autores.....	35
Ilustración 13 Esquema diseño hidráulico Tomada de: (Guarnizo, T. and Gonzalez, L. (2021)).....	39
Ilustración 14 Especificaciones de varillas Tomada de: Medidas en varillas de acero ¿cuál necesito? (2017, julio 13)	39
Ilustración 15 Ecuaciones para Momento ultimo	43
Ilustración 16 Mapa hidrológico barrio Tao Tomada de: ArcGIS 10.8	50
Ilustración 17 Curva S	63
Ilustración 18. Primera parte de tabla de viabilidad Tomado de: Autores	¡Error!
Marcador no definido.	
Ilustración 19. Organigrama zona administrativa Tomado de: Autores.....	67
Ilustración 20. Costos Indirectos de Obra Tomado de: Autores	68

Ilustración 21. Costo Total Indirecto de Oficina Tomado de: Autores	68
Ilustración 22.Propuesta de inversión total requerida por la alcaldía Tomado de: Autores	69
Ilustración 23 Ejemplo de la identificación de impactos ambientales para el paisaje y el suelo	73

Tabla de contenido de Tablas

Tabla 1 Números oficiales Pacho	29
Tabla 2 Medios de transporte Pacho	30
Tabla 3 ODS en nuestro caso de estudio	31
Tabla 4 Comparación Drenaje convencional Vs SUDS Tomada de: M, PERALES. (2008) y Autores	35
Tabla 5 Áreas y longitudes del proyecto	59
Tabla 6 Jornal	60
Tabla 7 Presupuesto final	62
Tabla 8 Ilustración 18 Actividades de mantenimiento	72
Tabla 9 Tipo de Mantenimiento	72
Tabla 10 Ficha para mitigar el impacto ambiental	74

Tabla de contenido de Anexos

“Anexo 1: Cálculos de vigas”	49
“Anexo 2: Procesos constructivos”	58
“Anexo 3: Cantidades”	59
“Anexo 4: Rendimiento por cuadrilla”	61
“Anexo 5: Rutas críticas”	61
“Anexo 6: Cronograma”	62
“Anexo 7: APU’s”	62
“Anexo 8: Presupuesto”	62
“Anexo 9: Curva S”	63
“Anexo 10: Flujo de caja”	70
“Anexo 11: Identificación de impactos”	73
“Anexo 12: Fichas de manejo de impactos”	73

4. Formulación del problema.

Debido a las fuertes lluvias que se han observado en el país uno de los municipios más afectados ha sido el municipio de Pacho, este municipio cuenta con un alto nivel de precipitación debido a la variación del clima alcanzando los 20mm/h-50mm durante 2 días en el año; estudios realizados en el año presente 2022 establecen que durante el mes de Junio se observa un nivel de precipitación fuerte esto existiendo una escala de precipitaciones donde se estima que al ser menores a 2mm/h será considerada una precipitación débil y al superar los 30mm/h será considerado como una precipitación muy fuerte; dicho lo anterior Pacho ha alcanzado tener precipitaciones muy fuertes durante el mes de Junio superando los 20mm/h de precipitación el cual de acompaña de un nivel de chubasco variado debido a lo cual se manifiesta que la lluvia se presenta constantemente por lo que no es beneficioso para el municipio, se presentó un reporte en el que se indicó que en el mes de junio se han impactado a más de 110 municipios entre los cuales Cundinamarca es uno de los más afectados y dentro de este se encuentra Pacho. Dado que su sistema de drenaje es convencional.

En un caso de estudio realizado anteriormente por estudiantes de la universidad Piloto de Colombia donde su punto de partida es la realización de un SUDS (Sistema Urbano de Drenaje Sostenible) donde se enfocan en mitigar la problemática de las escorrentías debido a la temporada de lluvia, con lo anteriormente mencionado se desea diseñar e implementar ese sistema urbano de drenaje sostenible llevándolo a cabo en el municipio de Pacho Cundinamarca en el barrio Tao.

Con lo anteriormente mencionado la problemática inicial que se plantea es:

¿Que debe contemplar la elaboración de un SUDS en el barrio tao ubicado en el municipio de pacho-Cundinamarca para que sea factible?

5. Introducción

Colombia se ha caracterizado a lo largo de la historia como un país rico en biodiversidad, está se da, gracias a gran parte de la cantidad de agua presente en el territorio nacional, no obstante, aparte de las fuentes hídricas presentes, otro factor limitante en el ecosistema nacional es la geografía en la que está ubicado, lo que hace que el clima no maneje estaciones, sino más bien épocas de más, o menos precipitación y estas son independientes entre regiones.

Según el periodista Edwin Caicedo en el artículo **“Lluvias en Colombia se han recrudecido en los últimos 10 años”** para la sección de medio ambiente del periódico el tiempo, nos dice que no obstante de que tenemos un clima rico en pluviosidad, Los estudios realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) arrojaron que en el periodo de diez años atrás a la actualidad (2012-2022), la evolución del incremento de las lluvias es notoria, sin embargo, estas siguen entre los índices considerados normales, y se le atribuye a un mecanismo del planeta para regular las altas temperaturas experimentadas en el último siglo. Si bien, no hay que pasar por desapercibido las consecuencias de altas concentraciones y manejos de aguas, las cuales se ven reflejadas principalmente en el aumento del riesgo de desastres naturales entre otras cosas. (Caicedo, E. (2022))

Por esta razón, es de suma importancia dispersar, movilizar y drenar lo antes posible los grandes volúmenes de agua por medio de sistemas de drenajes convencionales antes de que estas, se estanquen y sean un riesgo potencial para la comunidad viviente de cierto territorio al respecto. El punto es que estas aguas no solo se manejan como aguas pluviales, sino que también son el producto de mezclas que pueden ser combinaciones de residuos hospitalarios, residuos de viviendas, comerciales, e industriales, entre otros materiales de origen antropomorfos. Los que los

hacen intratables para los sistemas de drenaje convencional causando saturación y colapsos en los drenajes.

Siguiendo con este orden de ideas, se plantean alternativas que soporten las cargas cuando los sistemas convencionales fallen, añadiendo el plus de hacerlos más eficientes y que ayuden con el tratamiento de aguas para hacerlas más funcionales, es ahí cuando aparecen el término SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible). “Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) son elementos superficiales, permeables, preferiblemente vegetados, integrantes de la estructura urbana-hidrológica-paisajística y previos al sistema de saneamiento. Están destinados a filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan”.

Pedro LASA («SUDS S.L - Atlantis») «JORNADA ARQUITECTURA ECOLÓGICA 3». Cádiz. 06-03-2008. ((no date) *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).*)

Antes la nueva perspectiva de los sistemas urbanos de drenaje sostenibles se debe albergar y desarrollar una investigación exhaustiva con el fin de recolectar información del terreno en que se plantará el diseño de los mismos, debido a que estos sistemas se deben plantear no como los sistemas de drenajes convencionales, ya que estos últimos, son por así decirlos, un poco rústicos en cuanto al pensamiento verde, y carecen de presencia vegetativa al contrario de los nuevos modelos de drenajes que están plasmados para potenciar y aprovechar todos los recursos naturales presentes en las zonas.

“Por tal razón la presencia de vegetación es de gran relevancia para obtener un buen grado de penetración, lo cual también dependerá de la permeabilidad de la superficie del suelo y la topografía del lugar, a mayor vegetación se disminuirán las inundaciones y represamientos de agua lluvia.” (Rey, M. (2022)).

Pero es ahí cuando surgen las preguntas: ¿QUÉ SISTEMA DE DRENAJE ES MÁS EFICIENTE?, ¿CUÁL ES MÁS BENEFICIOSO EN CUANTO A COSTO-BENEFICIO?, ¿ES EL TERRITORIO UN FACTOR LIMITANTE EN LA ESCOGENCIA DE LOS SISTEMAS DE DRENAJES?

Debido a dichas preguntas, este proyecto busca establecer una cotización real y aterrizada de lo que sería la elaboración de SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) planteado directamente al municipio de pacho Cundinamarca y delimitarlo al barrio tao, para poder determinar la viabilidad técnica y económica de este sistema de drenaje en el barrio , y así poder determinar el total de gastos y costos inherentes del proyecto estableciendo el total a invertir inicialmente para que este se ejecute.

6. Objetivos

6.1. Objetivo General

Establecer la inversión para un SUDS mediante los estudios técnico, financiero y una comparación con sistema de drenaje convencional para el beneficio de la comunidad y el bienestar del medio ambiente, dado que el drenaje existente en el barrio tao del municipio de pacho – Cundinamarca no abastece la cantidad de escorrentía en temporadas de lluvia, generando inundaciones y deslizamientos.

6.2. Objetivo Especifico

- Establecer un estudio de mercado y desarrollar un modelo CANVAS para visualizar la idea global del proyecto.
- Realizar el presupuesto y cronograma adecuadamente para obtener y establecer la organización del proyecto.

7. Justificación del estudio

7.1. Justificación teórica

El municipio de pacho Cundinamarca presenta precipitación media, y un régimen de lluvia bimodal lo que significa que hay dos temporadas de lluvia anual, aumentando la cantidad de agua que maneja el terreno, la primera temporada de lluvias se presenta por lo general en abril y se termina en mayo, y el segundo periodo retorna de septiembre, finalizando en noviembre. De lo cual se puede inferir que esta zona maneja un flujo de escorrentía bastante elevado trayendo consigo demás afectaciones como son desbordamientos de fuentes hídricas aledañas en la zona, amenazas de remoción en masa, contaminación en las fuentes hídricas, generación espontánea de enfermedades, entre otros problemas.

Por eso surge la necesidad de encontrar una solución para mitigar o resolver de manera integral dichos efectos adversos para así brindarle a los habitantes de pacho una calidad de vida digna. De esta manera, este proyecto plantea la implantación de un **SUDS** que estará determinado por medio de un estudio económico para revisar la viabilidad técnica económica que se pueda obtener en el barrio tao del municipio de pacho Cundinamarca.

Los sistemas urbanos de drenajes sostenibles (**SUDS**) son técnicas de gestión y planeamiento urbano que tiene como enfoque global el manejo de aguas pluviales principalmente, pero también interviene diferentes tipos de agua, con el fin de evitar el riesgo de inundaciones, disminuir e impedir los contaminantes arrastrados por escorrentías, ralentizar las escorrentías a través de un terreno urbanizado y almacenar para reutilizar las aguas pluviales.

La especialidad de los **SUDS** es la selección e implantación de técnicas de drenaje urbano sostenible incluyendo los cálculos hidrológicos e hidráulicos propios del diseño de una red de drenaje, y además el estudio e integración otros factores muy importantes, relacionados con el

urbanismo, el paisajismo, o la ecología ya que estos sistemas se componen de elementos de muy diferente naturaleza y han de combinarse perfectamente en el medio donde se implementan. (SUDS Sostenible, 2022)

7.2. Justificación social

El barrio tao ha sido uno de los barrios con más relevancia del municipio, por ser el protagonista de incontables noticias correspondientes a zonas afectadas en cuestión de inundación, colapso de los sistemas de drenaje y el eventual peligro de remoción en masa que es característico del municipio, esto es debido a que el municipio de Pacho presenta grandes limitantes en sus características biofísicas, especialmente en lo relacionado con los suelos y la topografía, ya que están caracterizadas por altas pendientes que constituyen en otro factor determinante y limitante de las actividades antrópicas, ya que estas se encuentran especialmente en los rangos de 25 a 50% y mayores del 50% lo que requiere el manejo especial de los suelos. (Alcaldía Pacho, 2000)

A lo anteriormente expuesto se le sumaría la susceptibilidad que tiene los suelos de esta zona a la erosión y que se hace evidente por la presencia de lutitas característica de la Formación Villeta, la presencia numerosas fallas geológicas a lo largo del valle del río Negro y la poca cobertura arbórea hacen que el suelo sea poco cohesivo, aumentando con esto el riesgo de remoción en masa. Y son precisamente algunas de las áreas de mayor riesgos o amenazas naturales se encuentran ubicadas en inmediaciones del casco urbano del municipio de Pacho, caracterizado por material no consolidado en especial coluviones, drenaje subparalelo y subdendrífico, pendientes fuertes e intensa actividad antrópica. Por esta misma razón, las áreas de susceptibilidad alta a los riesgos y amenazas por deslizamiento y propensas a las inundaciones, es que se deben evitar los asentamientos humanos y las actividades económicas que impliquen el uso intensivo del suelo, como son los cultivos limpios y la ganadería extensiva. (Alcaldía Pacho, 2000)

En ese orden de ideas nuestra zona de estudios posee la peor desventaja posible ya que es una zona en la que se encuentra una gran cantidad de población la cual habita en un suelo poco cohesivo, en una zona de alta frecuencia de precipitaciones con baja tasa de vegetación y con un largo historial de inundaciones. lo que hace imperativo la puesta en marcha de manera urgente de un proyecto en donde el objetivo principal sea tratar de prevenir o mitigar el colapso de los sistemas de drenajes que son los principales causantes de deslizamientos por inundaciones y así evitar que los habitantes del barrio tao se sigan viendo envueltos en situaciones que pongan en peligro sus vidas.

7.3. Justificación metodológica

Seguido de lo anteriormente expuesto y haciendo una trayectoria a todo esto, se planea la implementación de un sistema urbano de drenaje sostenible para el barrio tao del municipio de pacho Cundinamarca con el fin de intentar solucionar , frenar o mitigar una de las principales fenómenos recurrentes presentes en esta zona , el cual son las inundaciones de las cuales se desenvuelven otras afectaciones como son los deslizamientos en masa , saturación de los servicios de drenajes en otros, pero estructurándolo con base a un estudio económico y financiero para así determinar si es viable y rentable implementarlo en este barrio. para luego valorar el impacto ambiental y social que la implementación de SUDS pueda proporcionar al barrio.

8. Marco de Referencia

Las inundaciones son uno de los fenómenos naturales más comunes y destructivos que se presentan en la tierra lo largo de la historia, ya que por lo general hay pocos lugares en nuestro planeta en los que las inundaciones no representen o creen problemas, ya que cualquier zona en la que llueva está en posición de vulnerabilidad de inundación, esto lo afirma National Geographic en su artículo que son las inundaciones. NUNEZ, C. (2017)

Nunez también nos comenta que las inundaciones causan daños valorados en 38000 millones de euros en todo el mundo en cada año aproximadamente, según la organización para la cooperación y el desarrollo económico. En estados unidos, las pérdidas se aproximan a los 8000 millones de dólares anuales. Sumándole que cuando las aguas se retiran, las zonas afectadas suelen quedar cubiertas de limo y barro. El agua y el paisaje pueden estar contaminados con materiales peligrosos como restos punzantes, pesticidas, combustible y aguas residuales sin tratar. La proliferación de moho, potencialmente peligrosa, puede inundar rápidamente las estructuras empapadas de agua. También las inundaciones traen consigo la posibilidad de que los residentes de las zonas inundadas se queden sin electricidad ni agua potable, lo que provoca brotes de enfermedades mortales transmitidas por el agua, como la fiebre tifoidea, la hepatitis A y el cólera.

Por estas razones surge la necesidad de implementar mecanismos o nuevos sistemas de ingeniería que sean pioneros en la mitigación de este fenómeno natural como lo son los sistemas urbanos de drenaje sostenible.

Carlos Andrés Sandoval en su tesis CASOS EXITOSOS DE SUDS EN CIUDADES CON DENSIDADES DE POBLACION ALTAS, POCAS ZONAS VERDES Y REGIMEN DE LLUVIAS INTENSO. Con la cual optó en la especialización en ingeniería de sistemas hídricos urbanos, nos muestra que hay varios casos de estudio a nivel global en los que se han estado

implementado los sistemas urbanos de drenajes sostenible como son los casos puntuales de Singapur, Dinamarca y argentina, en los cuales fueron pioneros en la implementación de techos verdes en zonas urbanas. SANDOVAL, C.A. (2015).

Con los que se realizó el trabajo, tomando como base la información existente principalmente sobre casos de estudio de uso de **SUDS**, para dos tipos de características en particular definidas, uno para ciudades densamente pobladas y urbanizadas y otro para ciudades al alto regímenes de lluvias; y en los que dio como resultado que los techos verdes indican son capaces de eliminar el 50% del volumen anual de lluvia desde un tejado a través la retención y la evapotranspiración.

En el caso de gran Bretaña, más puntualmente en el condado de gran Manchester se implementó un estudio el cual fue titulado “Planning Policy, Sustainable Drainage and Surface Water Management A Case Study of Greater Manchester”, este estudio utiliza diez autoridades locales del condado y compara la distribución espacial de los sitios en el que se están implementando los SUDS en correlación con el respectivo análisis de la fuerza que tiene el marco de políticas de planificación local. Arrojando como conclusión que, si bien si se tiene un marco de planificación local bien estructurado, no es sinónimo que los SUDS puedan desempeñarse bien, a menos que sea apoyado y administrado por entidades que le hagan controles y seguimientos constantes para que se logre optimizar los procesos. (WHITE, I. and ALARCON, A. (2009)).

9. Antecedentes – estado del arte

9.1. Antecedentes a nivel nacional

- **“Evaluación del desempeño de sistemas urbanos de drenaje sostenible: caso de estudio parque metropolitano san Cristóbal sur”**

Por medio de la de la construcción piloto de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el Parque Metropolitano San Cristóbal Sur, por parte de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAB-ESP) y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), en conjunto con la Universidad de los Andes, se busca investigar los procesos y funcionamiento de SUDS en la ciudad de Bogotá. Así pues, el tren de tratamiento se compone por una cuneta verde y una cuenca seca de drenaje extendido (CSDE), implementadas para promover procesos de detención e infiltración de escorrentía pluvial con el propósito de mitigar los caudales pico presentados en eventos de lluvia y mejorar la calidad de la escorrentía captada. El enfoque de este proyecto corresponde a la evaluación del desempeño del piloto tipo SUDS, mediante la estimación de reducciones de caudal pico, volúmenes de escorrentía y remoción de contaminantes. Para lograr el objetivo, se monitoreó el tren de tratamiento durante la segunda temporada invernal del año 2017, (entre 8 de noviembre y 15 de diciembre), y durante la primera temporada de lluvias de 2018 (entre 9 de abril y 15 de mayo). Las actividades incluyeron las mediciones en línea de pH, temperatura y conductividad en la entrada y salida del SUDS, así como la realización de aforos volumétricos y análisis de muestras compuestas de 9 eventos de lluvia. Igualmente, se llevaron a cabo mediciones en línea de los niveles de precipitación y variables meteorológicas como temperatura ambiente, punto de rocío y humedad relativa con el propósito de identificar las características de los eventos de precipitación y su asociación con el desempeño del tren. En cuanto a los resultados del modelo se estableció la correspondencia con el comportamiento del piloto, de

acuerdo con las remociones de los contaminantes particulados SST, ST, Pb, DQO, NTK y Fósforo Total. La evaluación del desempeño del tren evidenció la relación de complemento entre las tipologías que componen el tren, puesto que la CSDE se ocupa principalmente, de la reducción de volúmenes y atenuación de los caudales pico y la cuneta verde se encarga de la remoción de la mayor parte de la fracción particulada de los contaminantes, según la distribución del tamaño de las partículas en la escorrentía de entrada. (ramírez, 2018)

- **“Estrategias para la aplicación de sistemas urbanos de drenaje sostenible en la ciudad de barranquilla”**

En gran parte de la ciudad de Barranquilla en Colombia actualmente se carece de un sistema de alcantarillado pluvial, haciendo que fluyan altos caudales con altas velocidades por las mismas calles por donde circulan los vehículos, poniendo en riesgo a la población y generando una parálisis en las actividades cotidianas de los ciudadanos en épocas de lluvias. Actualmente, el considerar la construcción de un sistema de drenaje pluvial convencional para toda la ciudad sería una alternativa inviable económicamente dado el alto desarrollo urbano, por lo tanto, es necesario definir estrategias de mitigación y adaptación para reducir el riesgo de inundación y permitir un manejo sostenible en las cuencas urbanas para la reducción de caudales pico y la contaminación. Este artículo presenta la definición de estrategias para la aplicación de sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS como alternativas de manejo de las cuencas urbanas y la escorrentía pluvial.

Las alternativas se orientan a soluciones estructurales y no estructurales con énfasis en sistemas sostenibles de manejo de drenaje urbano. Las tecnologías sostenibles, se enfocan a mantener o restablecer las condiciones hidrológicas naturales en cuencas urbanas. Las tecnologías sostenibles para drenaje urbano (Sustainable Urban Drainage Systems, SUDS) o Tecnologías de Desarrollo de Bajo Impacto (Low Impact Development, LID) son definidos por la Naval Facilities

Engineering Command, Atlantic (NAVFAC, 2010) como “un conjunto de estrategias de gestión de aguas lluvias para mantener o restablecer las funciones hidrológicas naturales de un lugar...”. Existe una amplia literatura científica (USEPA, 2000), reglamentos y manuales de aplicación (USEPA, 2011) e información comercial sobre estas tecnologías.

Finalmente, la implementación de una red de monitoreo pluvial constituye el punto de partida para tener un claro conocimiento del comportamiento de la relación lluvia-escorrentía en la ciudad que permita proponer soluciones dinámicas e hidrológicamente más inteligentes para el manejo de la escorrentía pluvial urbana. (Ávila, Sisa, Alba & Ávila, 2014)

9.2. Antecedentes a nivel internacional

- **“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”**

Chile presenta una variedad de zonas climáticas a consecuencia de su extensión territorial. En cuestión, el clima en la región de la Araucanía se caracteriza por una reducción del periodo seco, con un aumento de precipitaciones, que solo reducen su frecuencia en verano. La magnitud de este fenómeno unido a la pérdida de superficie permeable como consecuencia de la urbanización, generan en la actualidad una problemática importante en la gestión de las aguas pluviales urbanas, produciendo una serie de efectos negativos desde el punto de vista hidrológico, hidráulico y medioambiental sobre el sistema de drenaje convencional y los medios receptores. Con el objetivo de mitigar estos efectos negativos, surge una medida con orientación novedosa en la gestión de las aguas lluvias, denominándose “Sistemas urbanos de drenaje sostenible” (SUDS). Estos sistemas permiten controlar la cantidad y la calidad de la escorrentía generada, procurando reproducir el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización. Dentro de los SUDS, los

pavimentos permeables pertenecen a la categoría de sistemas de infiltración, cuyo objetivo principal es capturar desde el inicio la escorrentía superficial permitiendo su retención e infiltración en el suelo, pudiendo incorporar en su diseño ventajas, como el almacenamiento y reutilización de las aguas pluviales. El presente trabajo de titulación se centra en el estudio y aplicación de pavimentos permeables de adoquines de hormigón, en las vías de circulación y plazas de estacionamiento del proyecto inmobiliario “Condominio Ercilla”, emplazado en la ciudad de Temuco. Este pavimento debe ser capaz de gestionar un determinado evento de precipitación, y al mismo tiempo resistir un cierto nivel de tráfico. Para ello, el estudio se basará en las guías y manuales de diseño existentes en Chile, cuyos métodos propuestos corresponden a modelos internacionales que han sido calibrados en condiciones similares a las que se pueden encontrar en el país. Además, considerando la escasa aplicación de los pavimentos permeables en el territorio nacional, este trabajo puede servir como antecedente para futuras urbanizaciones que deseen implementar esta técnica de drenaje sostenible. (Barahona, 2014)

- **“Sistemas urbanos de drenaje sostenible en la ciudad mediterránea. Barcelona como ejemplo”.**

El presente artículo analiza la implantación y desarrollo de los SUDS en Barcelona a través de algunas de las obras realizadas entre el 2005 y 2019 por el Instituto Municipal de Urbanismo (IMU).

Estos Sistemas, materializados en obras de urbanización como la del barrio de Bon Pastor o el nuevo eje verde de Cristóbal de Moura, ponen a prueba modos de entender el metabolismo urbano en lo que atañe al ciclo del agua. El objetivo es no alterar de forma sustancial este ciclo hidrológico natural previo a la construcción de la urbe, a través de métodos sencillos como lo es el de incrementar la superficie vegetada y permeable dentro de los nuevos terrenos a urbanizar y o los

existentes a remodelar. Esta forma de reconstruir el ciclo hidrológico, a través de la naturalización del paisaje urbano contribuye, junto con otros muchos beneficios de innegable valor, a crear espacios saludables para sus habitantes y aumentar la calidad del entorno en su sentido más amplio. Si nos parásemos a pensar en los recorridos del agua en la actualidad de nuestras ciudades, se hace difícil entender por qué el agua de lluvia, relativamente limpia en origen, se mezcla con las aguas residuales en los sistemas unitarios, aumentando considerablemente el volumen de aguas contaminadas que se vierten a los medios naturales sin depurar, o por el contrario, interceptándose en la depuradora para despojarse de la contaminación que no contenía en su origen, con los unos enormes costes económicos y energéticos. El problema no reside en que no hayamos conseguido definir según la voluntad los recorridos del agua, sino que la comodidad de lo inmediato y la falta de visión nos han impedido entender que la ciudad, a pesar de ser un artificio, puede respetar el ciclo natural del agua, así como otros ciclos naturales. (Fernández, 2019)

10. Caso de estudio

10.1. Oferta

Los municipios, distritos y departamentos cuentan con diversas fuentes de financiamiento, entre ellas el Sistema General de Participaciones (SGP), el Sistema General de Regalías (SGR), Presupuesto General de la Nación (PGN), y recursos propios. Todas estas fuentes deben ser consultadas para revisar los recursos que pueden financiar el proyecto y los requisitos para acceder a cada recurso.

Esto teniendo en cuenta que ninguna entidad distrital o estatal puede lucrarse con ningún proyecto, por esto se realizará una alianza público – privada, en la cual la entidad pública realizará la inversión del proyecto y la entidad privada tendrá el predio como comodato, además de encargarse de la operación y mantenimiento del SUDS.

10.2. Demanda

En Colombia debido a los efectos climáticos que tiene el país, se ha identificado en su gran parte el daño que se genera debido a las fuertes lluvias; con el pasar de los años se buscó brindar solución a estos problemas y ahí es donde aparecen los SUDS.

En el país se ha observado gran variedad de estos sistemas que se han puesto en marcha desde proyectos importantes entre los cuales Bogotá siendo la capital de la ciudad es una de las principales ciudades que ha optado por usar estos sistemas, pues Bogotá presenta la precipitación media del país, aun así hay casos de otros municipios como ejemplo el Cauca que tiene una precipitación de hasta 13.100 mm/ año mientras que Bogotá presenta 3.240 mm/año esto nombrado por la Organización de las Naciones Unidas del país.

- Este proyecto que se enfocara directamente con el municipio de Pacho Cundinamarca en Tabo se llega a la idea de plantear un proyecto de SUDS que ayude a la población para que su entorno

no se vea afectado por las inundaciones provocadas por las lluvias fuertes especialmente cuando inicia el fenómeno de la niña.

- Se construirá e instalará el SUDS para el barrio Tabo y se hará el respectivo mantenimiento para que su trabajo sea beneficioso para los habitantes aledaños.
- Con este proyecto se quiere determinar si se es viable la realización del proyecto por medio de un modelo económico y financiero para su desarrollo.

10.3. Ventajas y desventajas

Ventajas

- Se reducirá los volúmenes de escorrentía de la zona mediante los elementos de retención y laminación.
- Aumentar el entorno paisajístico integrando el tratamiento del agua lluvia y así mismo mejorar el servicio a los habitantes del municipio.
- Mejorar la calidad del agua receptora de la escorrentía.
- Tener un manejo de la calidad y la cantidad de agua en las escorrentías.
- Prevenir que haya futuras inundaciones en el barrio Tao.
- Crear un humedal que se utilice como área turística para el municipio creando más urbanización pues al tener una mejor vista paisajística puede generar economía al municipio.
- Reducción de la cantidad de contaminación que puede llegar a algún ambiente marino.
- Mejoramiento del cambio climático.
- Reduce el costo puesto que se requiere de una inversión menor comparado con un sistema convencional de aguas pluviales.

Desventajas

- Al ser un sistema con poco reconocimiento se debe garantizar su funcionalidad por lo que toma más tiempo realizar las pruebas.
- Ya que no lleva mucha experiencia en el campo faltan investigaciones por lo que no se puede garantizar.

10.4. Localización y aspectos generales

El municipio de Pacho está ubicado en el noroeste del departamento de Cundinamarca y es la cabecera de la provincia de Río Negro, que comprende La Palma, Caparrapí, Yacopí, Paimé, El Peñón, Villagómez, Topaipí y San Cayetano.

Está conectado al norte por los municipios de Villagómez, San Cayetano, y Topaipí; al sur con los municipios de Supatá y Subachoque; al oeste con los municipios de Vergara y El Peñón; y al este con los municipios de Tausa, Zipaquirá, y Cogua.



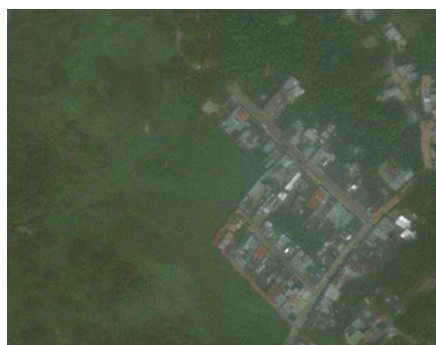
*Ilustración 1 Ubicación de Pacho en Cundinamarca.
Tomada de: Morales, C. (2019)*

Su demarcación incluye 70 veredas, 6 sectores y el corregimiento de Pasuncha pertenecientes al municipio de Pacho.



*Ilustración 2 ubicación de Tao.
Tomada de: Guarnizo, T. and González, L. (2021)*

Ubicada entre la diagonal 5 y 5ª y entre las carreras 21 y 23 y corresponde a la parte alta del Barrio El Tao. Se considera como zona de protección por tratarse de zonas determinadas como de alto riesgo, por deslizamientos y movimientos geológicos en masa, según estudios técnicos realizados por INGEOMINAS y concepto emitido por el comité departamental de atención y prevención de desastres y el CLOPAD. (Bustos, J. 2000)



*Ilustración 3 Barrio Tao.
Tomada de: ArcGIS 10.8*

10.5. Datos del municipio

- Números oficiales del municipio de pacho

*Tabla 1 Números oficiales Pacho
Tomada de: Autores*

Población	24 766 habitantes	34 / 258
Densidad de población del municipio de Pacho	61,6 hab./km ² (159,6 pop/sq mi)	

- Medios de transporte en pacho

Tabla 2 Medios de transporte Pacho
Tomada de: Autores

Código del municipio de Pacho	25513
Código postal	254001
Superficie del municipio de Pacho	40 200 hectáreas
	402,00 km ² (155,21 sq mi)
Altitud del municipio de Pacho	1 799 metros de altitud
Coordenadas geográficas	Latitud: 5.13095
	Longitud: -74.1602
	Latitud: 5° 7' 51" Norte

10.6. Precipitación

Analizaremos la intensidad de la precipitación del año 2022, esto con el fin de reforzar la problemática que ha venido teniendo el municipio de Tao, para esto se debe tener en cuenta que la tasa de precipitación se define como la cantidad de agua que cae sobre la superficie en un intervalo de tiempo determinado. Suele medirse en litros por metro cuadrado por hora o milímetros por hora (mm/h) y suele expresarse como débil, medio, fuerte, muy fuerte y rápido. Los tipos de precipitación según la intensidad son:

Débil: < 2 mm

Medio: 2 – 15 mm

Fuerte: 15 – 30 mm

Muy fuerte: 30 – 60 mm

Rápido: > 60 mm

A continuación, veremos la precipitación del municipio de pacho en la cual nos muestra que la mayor precipitación llego a los 140 mm siendo una precipitación con intensidad rápida.

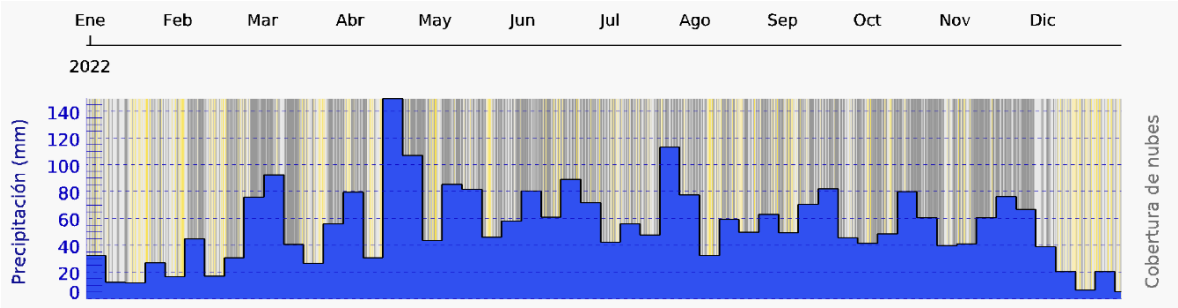


Ilustración 4 Precipitación Pacho 2022.
Tomada de: Mapas Meteorológicos: Radar y satélite meteorológico en directo

Estas altas precipitaciones necesitan un sistema de drenaje que pueda abastecer la cantidad de agua que llega y no se presenten inundaciones como las que se presentaron durante el 2022.

10.7. ODS

Tabla 3 ODS en nuestro caso de estudio
Tomada de: Autores

Enfoque de ODS para el proyecto	Caso de estudio
 Ilustración 5 Objetivo de desarrollo sostenible. Salud y Bienestar Tomada de: Welcome to the United Nations (2016).	La implementación de los SUDS es la mejor manera de manejar las necesidades de una comunidad afectada por la escorrentía ya que los efectos negativos por el mal manejo de la escorrentía, podría afectar la salud y calidad de vida de la misma comunidad, además de cumplirse artículos tales como el 366 que estipula “El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la

	Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.”. Bitajor (no date)
 <i>Ilustración 6 Objetivo de desarrollo sostenible. Agua limpia y saneamiento.</i> Tomada de: Welcome to the United Nations (2016).	La contaminación arrastrada por la escorrentía puede afectar los depósitos de agua para el consumo afectando la calidad de vida de la comunidad, además que la gran parte de la escorrentía cae en el río afectando la biodiversidad y servicios ecosistémicos, la implementación de SUDS ayudara a mitigar esa contaminación gracias al humedal superficial implementado el cual por medio de plantas purificadoras ayudara a tener agua más limpia antes de llegar al río o depósitos de agua para consumo humano.
 <i>Ilustración 7 Objetivo de desarrollo sostenible. Industria, Innovación e Infraestructura.</i> Tomada de: Welcome to the United Nations (2016).	El enfoque de industria, innovación e infraestructura tiene como objetivo principal combatir la pobreza y minimizar la desigualdad con la puesta en marcha de nuevas industrias e infraestructuras, innovando para así hacerlas aspirando a la sostenibilidad de ellas y pensando en impactar de manera positiva a el ambiente. Con la implementación de un SUDS no solo se está creando infraestructura, sino que se está creando de manera sostenible que a corto plazo proporcionará inclusividad. Reduciendo volúmenes de aguas producto de escorrentías, mejorando la calidad de las aguas, reteniendo excesos de contaminantes y nutrientes, reaprovechando el agua para otros usos y minimizando costos.
	En la actualidad, la urbanización es un concepto que cada vez se vuelve más visible para los seres humanos, aumentando cada día más la concentración de la población en ciudades. Dicho lo anterior, deberíamos analizar los efectos que trae consigo la aglomeración de forma no controlada, como son: la desigualdad, que a su vez influye

<i>Ilustración 8 Objetivo de desarrollo sostenible. Ciudades y Comunidades Sostenibles.</i> Tomada de: Welcome to the United Nations (2016).	con la educación, la pobreza y el aumento de la inseguridad, que al final termina repercutiendo de manera directa con la contaminación, y lo cual hace deteriorar la salud de las personas trabajadoras por lo tanto se vería afectada la productividad y por ende la economía. Para el barrio tao al ser una comunidad constituida en su mayoría de manera informal queremos mejorar o al menos minimizar con la implementación y creación de un SUDS, los efectos anteriormente expuestos. Y aprovechar algunos beneficios que traen esta nueva técnica de los cuales queremos resaltar: • Reducir la cantidad y mejorar la calidad de la escorrentía que llega al sistema de alcantarillado. • Mejorar los valores estéticos y paisajísticos de áreas desarrolladas. • Incrementar la biodiversidad urbana y crear hábitats naturales. • Favorecer la recarga de agua subterránea en el área urbana. Oficina de Gestión Ambiental (OGA) (2022).
<i>Ilustración 9 Objetivo de desarrollo sostenible. Acción por el clima</i> Tomada de: Objetivos y metas de desarrollo sostenible	En la actualidad se ha observado que el cambio climático está afectando a el mundo lo cual está implica que la economía y las vidas de las personas de vean perjudicados esto por medio de los efectos invernaderos que dañan la calidad del clima al mantener el aumento global de la temperatura. Para aportar a que este daño que se le causa al cambio climático disminuya, los sistemas de drenaje sostenible aportan a este fenómeno, esto al tener un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, y adaptando a las ciudades con más espacios verdes evitando así el aumento de las temperaturas.
	Este objetivo indica inicialmente el abordar las amenazas que existen y a las cuales se enfrentan las especies silvestres y el mismo



Ilustración 10 Objetivo de desarrollo sostenible. Vida de ecosistemas Terrestres
Tomada de: Objetivos y metas de desarrollo sostenible

ecosistema ya que afectan también la salud de las personas puesto que cada vez se está viendo decadencia en las zonas verdes y en el ecosistema.

Al realizar un sistema de drenaje sostenible estamos aportando a que los ecosistemas empiecen a tomar más fuerza, así mismo estaremos dando un cambio transformativo a la naturaleza y a las personas esto al construir un ecosistema por medio del humedal garantizando así una mejor calidad de vida y previniendo y deteniendo una degradación de los ecosistemas.

10.8. Modelo CANVA

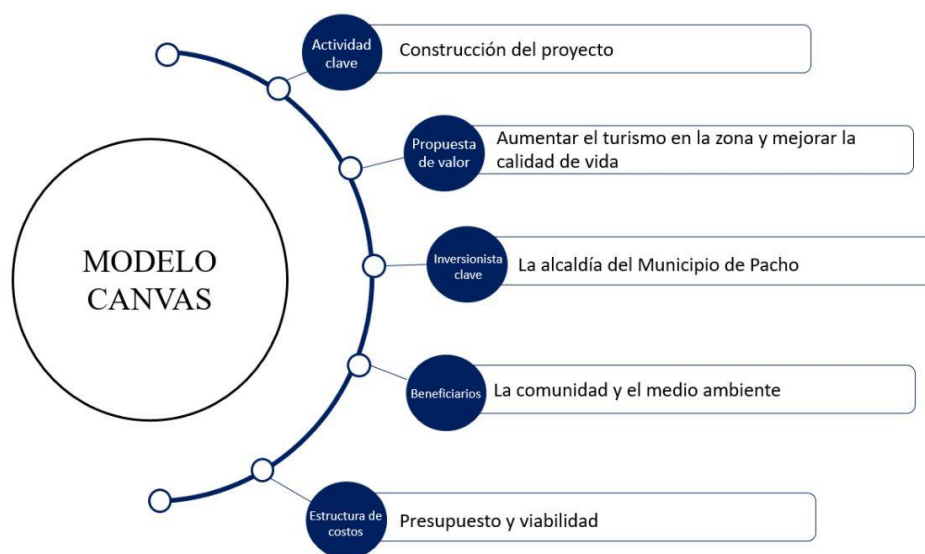


Ilustración 11 Modelo Canva
Tomada de: Autores

11. Análisis de resultado

11.1. Matriz DOFA

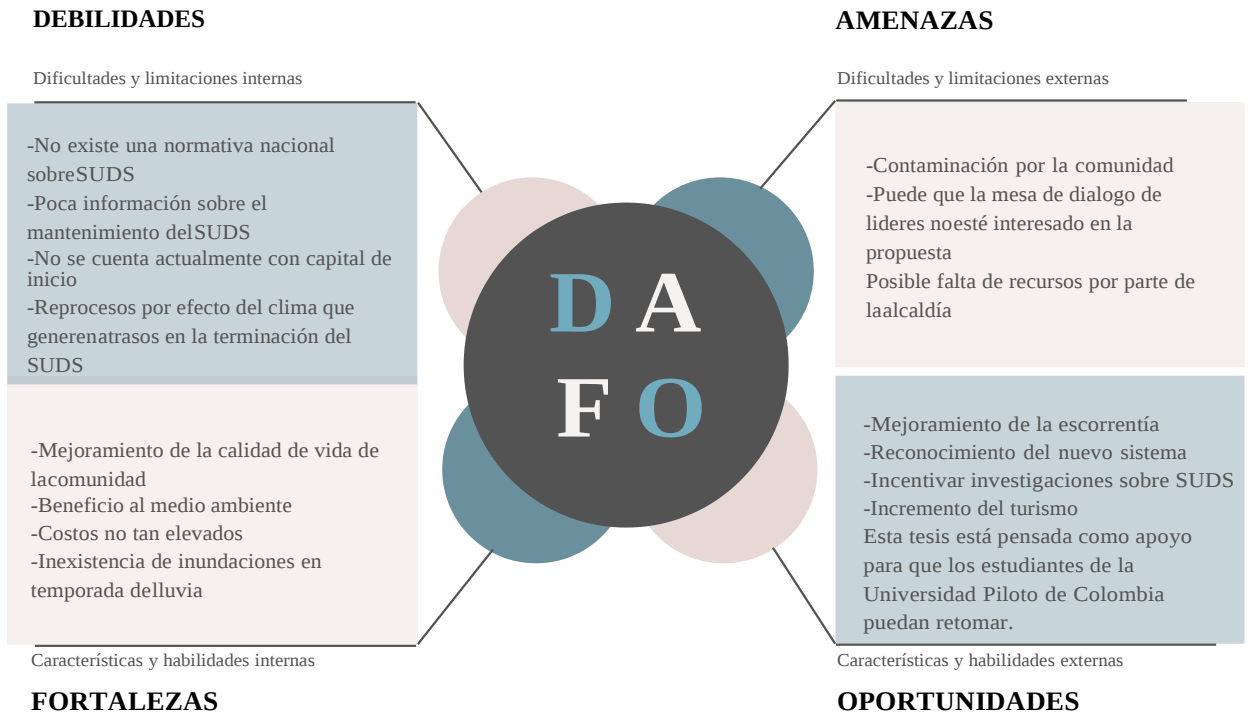


Ilustración 12 Matriz DOFA

Tomada de: Autores

11.2. Comparación de un sistema convencional de drenaje vs SUDS

Tabla 4 Comparación Drenaje convencional Vs SUDS

Tomada de: M, PERALES. (2008) y Autores

	Sistema convencional colectores	Sistema alternativo SUDS
Coste de construcción	Pueden ser equivalentes, aunque los usos indirectos de los SUDS reducen su coste real.	
Coste de operación y mantenimiento	Establecido	No establecido. Falta experiencia
Control de inundaciones en la propia cuenca	Si	Si

Control de inundaciones aguas abajo	No	Si
Reutilización	No	Si
Recarga / infiltraciones	No	Si
Eliminación de contaminantes	Baja	Alta
Beneficio en servicio al ciudadano	No	Si
Beneficios educacionales	No	Si
Vida útil	Establecida	No establecida: falta de experiencia.
Requerimiento de espacios	Insignificante	Dependiendo del sistema, puede ser importante.
Criterios de diseño	Establecidos	No establecido: falta de experiencia.
Filtración y transporte de agua para recargar acuífero	No	Si
Crear y controlar sitios para la comunidad y naturaleza	No	Si
Mantiene y protege el ciclo del agua	No	Si
Aprovechamiento de agua fluviales	No	Si
reducción del riesgo ante los efectos de la variabilidad y el cambio climático.	Baja	Alta

12. Estudio Financiero y modelo económico

Para poder desarrollar el estudio financiero de nuestro proyecto se tuvieron en cuenta distintos factores a convenir como lo son: Procesos constructivos, Cantidades de obra, La elaboración del cronograma de obra la cual nos muestra la duración del proyecto, Análisis de precios unitarios, identificación de costos directos de obra los cuales determinarán el costo directo de la elaboración del proyecto, la identificación de costos indirectos, la mano de obra necesaria para el desarrollo del proyecto y el funcionamiento administrativo del manejo de obra durante las **86 semanas** de tiempo estimado de elaboración, como el arriendo necesario para que este último grupo.

12.1. Normatividad

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Constitución política<ul style="list-style-type: none">✓ ARTICULO 79.✓ “ARTICULO 80.✓ “ARTICULO 82.✓ “ARTICULO 332.✓ “ARTICULO 366.• Normativa Ambiental<ul style="list-style-type: none">✓ Ley 99 de 1993.• Recurso hídrico<ul style="list-style-type: none">✓ Decreto 1076 de 2015 - TITULO 3.
(Capítulo 2. y Capítulo 3).✓ Decreto 050 de 2018.✓ Ley 373 DE 1997. | <ul style="list-style-type: none">• Recurso aire<ul style="list-style-type: none">✓ Decreto 1076 de 2015.✓ Resolución 619 de 1997.✓ Resolución 909 de 2008.✓ Resolución 627 de 2006.✓ Resolución 1541 de 2013.✓ Resolución 2087 de 2014.• Recurso suelo<ul style="list-style-type: none">✓ Es obligatorio dar un uso al suelo de acuerdo con lo estipulado por el plan de ordenamiento territorial del municipio – POT, EOT o PBOT, según aplique. |
|---|--|

- ✓ Resolución 631 de 2015.
- ✓ Resolución 1207 de 2017.

12.2. Cálculos

12.2.1. *Calculo Hidráulico*

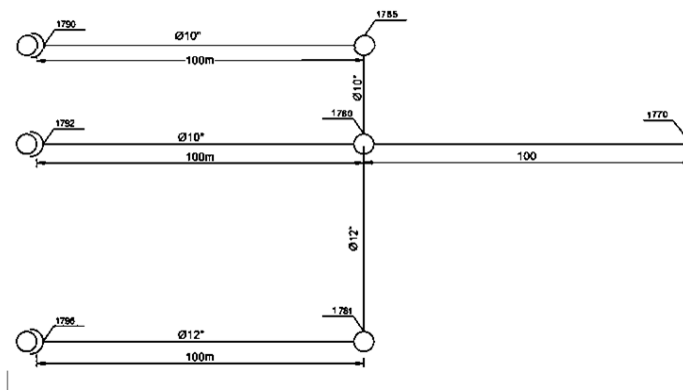
Para la selección del tipo de SUDS, cálculo y diseño hidráulico tendremos como guía la tesis “PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS), EN EL BARRIO TAO (PACHO – CUNDINAMARCA).”:

- Tipo de SUDS

El tipo de SUDS escogido en la tesis anteriormente mencionada fue zanjas de infiltración, pero en el diseño propuesto se evidencia que la zanja pasaría por las carreteras por lo tanto no es practico, por esto se analizó la comparación que tuvieron en cuenta y el SUDS con más similitud es el pavimento permeable que cumple la misma función de infiltración, pero su utilidad cubre el uso de las carreteras.

- Esquema Diseño Hidráulico.

Este esquema se va a conectar a la red existente y va a recoger la esorrentía de 3 tramos distintos del barrio.



*Ilustración 13 Esquema diseño hidráulico
Tomada de: (Guarnizo, T. and Gonzalez, L. (2021))*

- Diseño humedal artificial, para este diseño el área calculada es **163.33 m²** el cual tendrá un tiempo de retención hidráulica de **6 horas**, Basados en la relación que debe existir mínimo entre el largo y el ancho **1:1** será de **13 m**, las plantas que se utilizaran Cyperus Papyrus y Pistia stratiotes

12.2.2. Calculo estructural

Para los cálculos tendremos en cuenta las especificaciones de varilla que se presentan a continuación.

Especificaciones						
Varilla n°	Medida		Peso	Perímetro	Área	Piezas
	mm	pulg.	kg/m	mm	cm	ton
2.5	7.9	5/16	0.384	24.8	0.49	217+-7
3	9.5	3/8	0.557	29.8	0.71	149+-4
4	12.7	1/2	0.996	39.9	1.27	84+-2
5	15.9	5/8	1.560	50.0	1.99	54+-1
6	19.1	3/4	2.250	60.0	2.87	37+-1
8	25.4	1	3.975	79.8	5.07	21
10	31.8	1 1/4	6.225	99.9	7.94	13
12	38.1	1 1/2	8.938	119.7	11.40	9

*Ilustración 14 Especificaciones de varillas
Tomada de: Medidas en varillas de acero ¿cuál necesito? (2017, julio 13)*

12.2.2.1. Columnas

✓ Datos

$$F'_c = 210 \text{ kg/ cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/ cm}^3$$

$$\text{Carga viva (L)} = 1.8 \text{ kN/ m}^2$$

12.2.2.2. Zapata aislada

✓ Datos

$$P \text{ columna} = 45.95 \text{ Ton}$$

$$q \text{ admisible} = 2 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

✓ Pre - dimensionamiento

Carga muerta (D) = 16.36 kN/ m²

n = 3

DMO

✓ Cálculo de cargas

$$P = 1.2 D + 1.6 L$$

$$P = (1.2 * 16.36 \text{ kN/m}^2) + (1.6 * 1.8 \text{ kN/m}^2)$$

$$P = 450.33 \text{ kN} \rightarrow P = \mathbf{45.95 \text{ Ton}}$$

✓ Pre - dimensionamiento

Área bruta

$$A_g = 18 * P$$

$$A_g = 18 * 48.95 \text{ Ton}$$

$$\mathbf{A_g = 827.13 \text{ cm}^2}$$

Base

$$b = \sqrt{A_g}$$

$$b = \sqrt{827.13} \text{ cm}^2$$

$$b = 28.76 \text{ cm} \approx \mathbf{30 \text{ cm}}$$

C.21.3.5.1 — La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 250 mm. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.20 m,

Área de la zapata

$$A = \frac{P * 10^3}{q \text{ admisible} * 10^4}$$

$$A = \frac{45.95 \text{ Ton} * 10^3}{2 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 10^4}$$

$$\mathbf{A = 2.3 \text{ m}^2}$$

Con esta área podemos pre - dimensionar la zapata por tanto la base será de 1.3 m y el ancho de 1 m, por ende, su altura corresponderá a 0.5 m siendo la mita del ancho de la zapata cumpliendo con C.15.7. — *Altura mínima de las zapatas: La altura de las zapatas sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 150 mm para zapatas apoyadas sobre el suelo, ni menor de 300 mm en el caso de zapatas apoyadas sobre pilotes.*

✓ Acero

❖ Base (b)

Área mínima de refuerzo

$$A_s \text{ min} = 0.0018 * b * h$$

$$A_s \text{ min} = 0.0018 * 130 \text{ cm} * 50 \text{ cm}$$

$$\mathbf{A_s \text{ min} = 11.7 \text{ cm}^2}$$

pero su área no puede ser menor de 0.0625 m².

(NSR – 10).

✓ Numero de varillas de refuerzo

Área bruta de la columna

$$A_g = b * l$$

$$A_g = 30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}$$

$$A_g = 900 \text{ cm}^2$$

Área de acero

C.10.9.1 — El área de refuerzo longitudinal, A_{st} , para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que $g 0.01A$ ni mayor que $g 0.04A$.

Para estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES) en el Capítulo C.21 se restringe el área máxima admisible.

$$A_{st} = A_g * 1\%$$

$$A_{st} = 900 \text{ cm}^2 * 1\%$$

$$A_{st} = 9 \text{ cm}^2$$

Varilla N 5 (v)

$$\text{Área } v = 1.99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro } v = 0.159 \text{ cm}$$

$$\# = \frac{A_{st}}{\text{área } v}$$

$$\# = \frac{9 \text{ cm}^2}{1.99 \text{ cm}^2}$$

Numero de varilla

Varilla N 4 (v)

$$\text{Área } v = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro } v = 0.127 \text{ cm}$$

$$\# = \frac{A_{s \text{ min}}}{\text{área } v}$$

$$\# = \frac{11.7 \text{ cm}^2}{1.29 \text{ cm}^2}$$

$$\# = 9.1 \approx 10\#4$$

❖ Ancho (a)

Área mínima de refuerzo

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 * a * h$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 * 100 \text{ cm} * 50 \text{ cm}$$

$$A_{s \text{ min}} = 9 \text{ cm}^2$$

Numero de varilla

Varilla N 4 (v)

$$\text{Área } v = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro } v = 0.127 \text{ cm}$$

$$\# = \frac{A_{s \text{ min}}}{\text{área } v}$$

$$\# = \frac{9 \text{ cm}^2}{1.29 \text{ cm}^2}$$

$$\# = 6.97 \approx 7\#4$$

$$\# = 4.52 \approx \mathbf{5\#5}$$

✓ Estribos

C.7.10.5.1 — Todas las barras no prees forzadas deben estar confinadas por medio de estribos transversales de por lo menos diámetro No. 3 (3/8") o 10M (10 mm).

C.7.10.5.2 — El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder 16 diámetros de barra longitudinal, 48 diámetros de barra o alambre de los estribos, o la menor dimensión del elemento sometido a compresión.

Longitud columna (l) = 3 m

Espaciamiento (e) = 0.2 m

$$\# = \frac{l}{e}$$

$$\# = \frac{3 \text{ m}}{0.2 \text{ m}}$$

$$\# = \mathbf{15\#3}$$

✓ Masa

Masa de varilla (Mv)

$$m = (\# * Mv) * l$$

$$\text{Varillas} = 1.552 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$m = \left(5 * 1.552 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) * 3 \text{ m}$$

$$\mathbf{m = 23.28 \text{ Kg}}$$

✓ Masa

Masa de varilla (Mv)

$$m = (\# * Mv) * l$$

$$\text{Base} = 0.994 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$m = \left(10 * 0.994 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) * 1.3 \text{ m}$$

$$\mathbf{m = 18.624 \text{ Kg}}$$

$$\text{Estribos} = 0.994 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$m = \left(7 * 0.994 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) * 1 \text{ m}$$

$$\mathbf{m = 6.96 \text{ Kg}}$$

$$\text{Estribos} = 0.56 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$m = \left(15 * 0.56 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) * 3 \text{ m}$$

$$m = 25.2 \text{ Kg}$$

12.2.2.3. Vigas

Para poder calcular el Momento ultimo (M_u) nos guiaremos de la siguiente tabla.

VIGAS DE EJE RECTO ISOSTÁTICAS

TABLAS DE M_0 - R - f

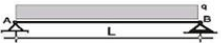
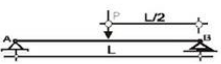
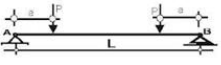
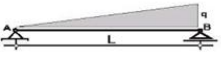
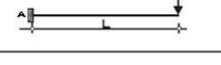
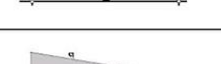
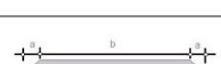
TIPO DE VIGA Y CARGA ACTUANTE	REACCIONES DE VÍNCULO	M_0 max en x_0	FLECHA MÁX. en x_1
	$R_A = R_B = q \frac{L}{2}$	$\frac{q L^2}{8}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{\max} = \frac{5}{384} q \frac{L^4}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$	$\frac{P L}{4}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{\max} = \frac{1}{48} \frac{P L^3}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = R_B = P$	$P \cdot a$ $x_0 = \text{de } a \text{ hasta } L - 2a$	$f_{\max} = \frac{P a (3L^2 - 4a^2)}{24 EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = \frac{1}{6} q L$ $R_B = \frac{1}{3} q L$	$q \frac{q L^2}{2}$ $x_0 = 0.577 L$	$f_{\max} = \frac{0.00652 q L^4}{EI}$ $x_1 = 0.519 L$
	$R_A = \frac{P b}{L}$ $R_B = \frac{P a}{L}$	$\frac{P a b}{L}$ $x_0 = a$	
	$R_A = P$	$P \cdot L$ $x_0 = 0$	$f_{\max} = \frac{1}{3} \frac{P L^3}{EI}$ $x_1 = L$
	$R_A = q L$	$\frac{q L^2}{2}$ $x_0 = 0$	$f_{\max} = \frac{1}{8} q \frac{L^4}{EI}$ $x_1 = L$
	$R_A = \frac{q L}{2}$	$\frac{q L^2}{6}$ $x_0 = 0$	$f_{\max} = \frac{1}{30} q \frac{L^4}{EI}$ $x_1 = L$
	$R_A = R_B = \frac{q L}{4}$	$\frac{q L^2}{12}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{\max} = \frac{1}{60} \frac{P L^3}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = R_B = q \frac{(L-a)}{2}$	$\frac{q L^2}{24} (3 - 4\alpha^2)$ $x_0 = \frac{L}{2}$ $\alpha = \frac{a}{L}$	

Ilustración 15 Ecuaciones para Momento ultimo

Tomada de: ((S/f). Pining.com.

12.2.2.3.1. VIGA 1

✓ Datos

$$\text{Carga viva (L)} = 1.8 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Base (b)} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Longitud (l)} = 3.31 \text{ m}$$

$$d = 0.26 \text{ m}$$

$$\text{Peso (p)} = 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$F_y = 240000 \text{ kPa}$$

$$F'_c = 21100 \text{ kPa}$$

$$\phi = 0.9 \text{ m}^{**}$$

$$u = 1.8$$

$$\rho_{max} = 0.02384$$

altura (h)

$$h = \frac{l}{11}$$

$$h = \frac{3.31 \text{ m}}{11}$$

$$\mathbf{h = 0.3 \text{ m}}$$

$$\rho_{min}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 * \sqrt{f'_c}}{F_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 * 240000 \text{ kPa}}{21100 \text{ kPa}}$$

12.2.2.3.2. VIGA 2

✓ Datos

$$\text{Carga viva (L)} = 1.8 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Base (b)} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Longitud (l)} = 3.66 \text{ m}$$

$$d = 0.29 \text{ m}$$

$$\text{Peso (p)} = 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$F_y = 240000 \text{ kPa}$$

$$F'_c = 21100 \text{ kPa}$$

$$\phi = 0.9 \text{ m}^{**}$$

$$u = 1.8$$

$$\rho_{max} = 0.02384$$

altura (h)

$$h = \frac{l}{11}$$

$$h = \frac{3.66 \text{ m}}{11}$$

$$\mathbf{h = 0.33 \text{ m}}$$

$$\rho_{min}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 * \sqrt{f'_c}}{F_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 * 240000 \text{ kPa}}{21100 \text{ kPa}}$$

$$\rho_{min} = 0.000151$$

Área viga (A)

$$A = h * b * l$$

$$A = 0.3 \text{ m} * 0.3 \text{ m} * 3.31 \text{ m}$$

$$A = 0.3 \text{ m}^3$$

✓ Cargas

Carga muerta (D)

$$D = h * b * l * p$$

$$D = 0.3 \text{ m} * 0.3 \text{ m} * 3.31 \text{ m} * 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$D = 7.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Carga mayorada (W)

$$W = 1.2 D + 1.6 L$$

$$W = (1.2 * 7.17 \text{ kN/m}^2) + (1.6 * 1.8 \text{ kN/m}^2)$$

$$W = 11.48 \text{ kN/m}$$

✓ ¿Se necesita diseño a compresión?

Momento ultimo

$$M_u = \frac{Wl^2}{8}$$

$$M_u = \frac{11.48 \text{ kN/m} * (3.31 \text{ m})^2}{8}$$

$$M_u = 15.73 \text{ kN/m}$$

Factor de seguridad (F.S)

$$\rho_{min} = 0.000151$$

Área viga (A)

$$A = h * b * l$$

$$A = 0.33 \text{ m} * 0.3 \text{ m} * 3.66 \text{ m}$$

$$A = 0.4 \text{ m}^3$$

✓ Cargas

Carga muerta (D)

$$D = h * b * l * p$$

$$D = 0.33 \text{ m} * 0.3 \text{ m} * 3.66 \text{ m} * 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$D = 8.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Carga mayorada (W)

$$W = 1.2 D + 1.6 L$$

$$W = (1.2 * 8.77 \text{ kN/m}^2) + (1.6 * 1.8 \text{ kN/m}^2)$$

$$W = 13.4 \text{ kN/m}$$

✓ ¿Se necesita diseño a compresión?

Momento ultimo

$$M_u = \frac{Wl^2}{8}$$

$$M_u = \frac{13.4 \text{ kN/m} * (3.66 \text{ m})^2}{8}$$

$$M_u = 22.44 \text{ kN/m}$$

Factor de seguridad (F.S)

$$F.S = \frac{u}{\phi}$$

$$F.S = \frac{1.8}{0.9}$$

$$F.S = 2$$

Momento actuante (ϕMn)

$$\phi Mn = Mu * F.S$$

$$\phi Mn = 15.73 \text{ Kn/m} * 2$$

$$\phi Mn = 31.454 \text{ Kn*m}$$

Momento actuante 1 ($\phi Mn1$)

$$\phi Mn1 = \phi * \rho_{max} * F_y \left(1 - 0.59 * \rho_{max} * \right.$$

$$\left. \frac{F_y}{f'_c} \right) * b * d^2$$

$$\phi Mn1 = 0.9 * 0.023 * 240000 \text{ kPa} \left(1 - \right.$$

$$0.59 * 0.023 * \frac{240000 \text{ kPa}}{21100 \text{ kPa}} \left. \right) * 0.3 \text{ m} *$$

$$(0.26 \text{ m})^2$$

$$\phi Mn1 = 88.33 \text{ kN} * \text{m}$$

Si $\phi Mn1$ es mayor que ϕMn significa que

la viga solo necesitaría diseño a tracción

$$\phi Mn1 > \phi Mn$$

$$88.33 \text{ kN} * \text{m} > 31.454 \text{ kN} * \text{m}$$

No necesita

✓ Diseño flexión

$$F.S = \frac{u}{\phi}$$

$$F.S = \frac{1.8}{0.9}$$

$$F.S = 2$$

Momento actuante (ϕMn)

$$\phi Mn = Mu * F.S$$

$$\phi Mn = 22.44 \text{ kN/m} * 2$$

$$\phi Mn = 44.88 \text{ kN*m}$$

Momento actuante 1 ($\phi Mn1$)

$$\phi Mn1 = \phi * \rho_{max} * F_y \left(1 - 0.59 * \rho_{max} * \right.$$

$$\left. \frac{F_y}{f'_c} \right) * b * d^2$$

$$\phi Mn1 = 0.9 * 0.023 * 240000 \text{ kPa} \left(1 - \right.$$

$$0.59 * 0.023 * \frac{240000 \text{ kPa}}{21100 \text{ kPa}} \left. \right) * 0.3 \text{ m} *$$

$$(0.29 \text{ m})^2$$

$$\phi Mn1 = 111.19 \text{ kN} * \text{m}$$

Si $\phi Mn1$ es mayor que ϕMn significa que

la viga solo necesitaría diseño a tracción

$$\phi Mn1 > \phi Mn$$

$$111.19 \text{ kN} * \text{m} > 44.88 \text{ kN} * \text{m}$$

No necesita

✓ Diseño flexión

Resistencia nominal (R_n)

$$R_n = \frac{Mu_1}{\phi B d^2}$$

$$R_n = \frac{15.73 \text{ kN/m}}{0.9 * 0.3 \text{ m} * (0.26 \text{ m})^2}$$

$$\mathbf{R_n = 855.69 \text{ KPa}}$$

Cuantía (ρ)

$$\rho = \frac{0.85 f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0.85 * 211000}{240000} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 855.69 \text{ kN/m}}{0.85 * 21100 \text{ kPa}}} \right)$$

$$\mathbf{\rho = 0.00365}$$

Revisión de cuantía

$$\rho_{max} > \rho > \rho_{min}$$

$$\mathbf{0.023 > 0.00365 > 0.00015}$$

Área de refuerzo (A_s)

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.00365 * 0.3 \text{ m} * 0.26 \text{ m}$$

$$A_s = 286.067 \text{ mm}^2$$

Numero de varillas de refuerzo

Varilla N 3 (v)

$$\text{Área v} = 0.71 \text{ cm}^2$$

Resistencia nominal (R_n)

$$R_n = \frac{Mu_1}{\phi B d^2}$$

$$R_n = \frac{22.44 \text{ kN/m}}{0.9 * 0.3 \text{ m} * (0.29 \text{ m})^2}$$

$$\mathbf{R_n = 969.92 \text{ KPa}}$$

Cuantía (ρ)

$$\rho = \frac{0.85 f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0.85 * 211000}{240000} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 969.92 \text{ kN/m}}{0.85 * 21100 \text{ kPa}}} \right)$$

$$\mathbf{\rho = 0.0041}$$

Revisión de cuantía

$$\rho_{max} > \rho > \rho_{min}$$

$$\mathbf{0.023 > 0.0041 > 0.00015}$$

Área de refuerzo (A_s)

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0041 * 0.3 \text{ m} * 0.29 \text{ m}$$

$$A_s = 365.05 \text{ mm}^2$$

Numero de varillas de refuerzo

Varilla N 4 (v)

$$\text{Área v} = 1.29 \text{ cm}^2$$

Diámetro $v = 0.095 \text{ cm}$

$$\# = \frac{A_s}{\text{área } v}$$

$$\# = \frac{286.067 \text{ cm}^2}{0.71 \text{ cm}^2}$$

$$\# = 4.029 \approx \mathbf{5\#3}$$

✓ Diseño a cortante

Resistencia del concreto a cortante $\lambda =$

0.75

$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0.17 * 0.75 * \sqrt{21.1 \text{ MPa}} * 0.3 \text{ m} \\ * 0.26 \text{ m}$$

$$\mathbf{V_c = 45.84 \text{ kN}}$$

$$\text{Área mínima } (s = \frac{d}{4} = \frac{0.26}{4} = 0.065 \text{ m})$$

$$A_{vmin} = 0.062 * \sqrt{f'_c} * \frac{b * s}{F_y}$$

$$A_{vmin} = 0.062 * \sqrt{21.1 \text{ MPa}} * \frac{0.3 \text{ m} * 0.065 \text{ m}}{240 \text{ MPa}}$$

$$\mathbf{A_{vmin} = 0.232 \text{ cm}^2}$$

Separaciones

$$S1 = \frac{A_{vmin} * F_y}{0.062 * \sqrt{f'_c} * b} = \frac{0.232 \text{ cm}^2 * 240 \text{ Mpa}}{0.062 * \sqrt{21.1 \text{ MPa}} * 30 \text{ cm}} =$$

6.52 cm

$$S2 = \frac{A_{vmin} * F_y}{0.35 * b} = \frac{0.232 \text{ cm}^2 * 240 \text{ Mpa}}{0.35 * 30 \text{ cm}} = 6.52 \text{ cm}$$

Diámetro $v = 12.7 \text{ cm}$

$$\# = \frac{A_s}{\text{área } v}$$

$$\# = \frac{365.05 \text{ cm}^2}{1.29 \text{ cm}^2}$$

$$\# = 2.82 \approx \mathbf{3\#4}$$

✓ Diseño a cortante

Resistencia del concreto a cortante $\lambda =$

0.75

$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0.17 * 0.75 * \sqrt{21.1 \text{ MPa}} * 0.3 \text{ m} \\ * 0.29 \text{ m}$$

$$\mathbf{V_c = 51.43 \text{ kN}}$$

$$\text{Área mínima } (s = \frac{d}{4} = \frac{0.29}{4} = 0.07 \text{ m})$$

$$A_{vmin} = 0.062 * \sqrt{f'_c} * \frac{b * s}{F_y}$$

$$A_{vmin} = 0.062 * \sqrt{21.1 \text{ MPa}} * \frac{0.3 \text{ m} * 0.07 \text{ m}}{240 \text{ MPa}}$$

$$\mathbf{A_{vmin} = 0.26 \text{ cm}^2}$$

Separaciones

$$S1 = \frac{A_{vmin} * F_y}{0.062 * \sqrt{f'_c} * b} = \frac{0.26 \text{ cm}^2 * 240 \text{ Mpa}}{0.062 * \sqrt{21.1 \text{ MPa}} * 30 \text{ cm}} =$$

7.32 cm

$$S2 = \frac{A_{vmin} * F_y}{0.35 * b} = \frac{0.26 \text{ cm}^2 * 240 \text{ Mpa}}{0.35 * 30 \text{ cm}} = 5.95 \text{ cm}$$

$$V_s = \frac{A_{vmin} \cdot F_y \cdot d}{b} = \frac{0.232 \text{ cm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 0.26}{0.3 \text{ cm}} =$$

$$48.467 \text{ N}$$

$$S_3 = \frac{A_{vmin} \cdot F_y \cdot d}{V_s} = \frac{0.232 \text{ cm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 0.26 \text{ m}}{48.467 \text{ N}} =$$

$$30 \text{ cm}$$

Seleccionamos la separación mayor que es

este caso es 30 cm

✓ Masa

Masa de varilla (M_v)

$$m = (\# \cdot M_v) \cdot l$$

$$\text{Varillas} = 0.994 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$m = \left(5 \cdot 0.994 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) \cdot 3.31 \text{ m}$$

$$m = 16.45 \text{ Kg}$$

$$\text{Estribos} = 0.56 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$m = \left(11 \cdot 0.56 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) \cdot 3.31 \text{ m}$$

$$m = 20.45 \text{ Kg}$$

$$V_s = \frac{A_{vmin} \cdot F_y \cdot d}{b} = \frac{0.26 \text{ cm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 0.29}{0.3 \text{ cm}} =$$

$$61.01 \text{ N}$$

$$S_3 = \frac{A_{vmin} \cdot F_y \cdot d}{V_s} = \frac{0.26 \text{ cm}^2 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 0.29 \text{ m}}{61.01 \text{ N}} =$$

$$30 \text{ cm}$$

Seleccionamos la separación mayor que es

este caso es 30 cm

✓ Masa

Masa de varilla (M_v)

$$m = (\# \cdot M_v) \cdot l$$

$$\text{Varillas} = 0.994 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$m = \left(3 \cdot 0.994 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) \cdot 3.66 \text{ m}$$

$$m = 10.91 \text{ Kg}$$

$$\text{Estribos} = 0.56 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$m = \left(12 \cdot 0.56 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right) \cdot 3.66 \text{ m}$$

$$m = 25.05 \text{ Kg}$$

De la misma manera calculamos la viga 3 y 4.

“Anexo 1: Cálculos de vigas”

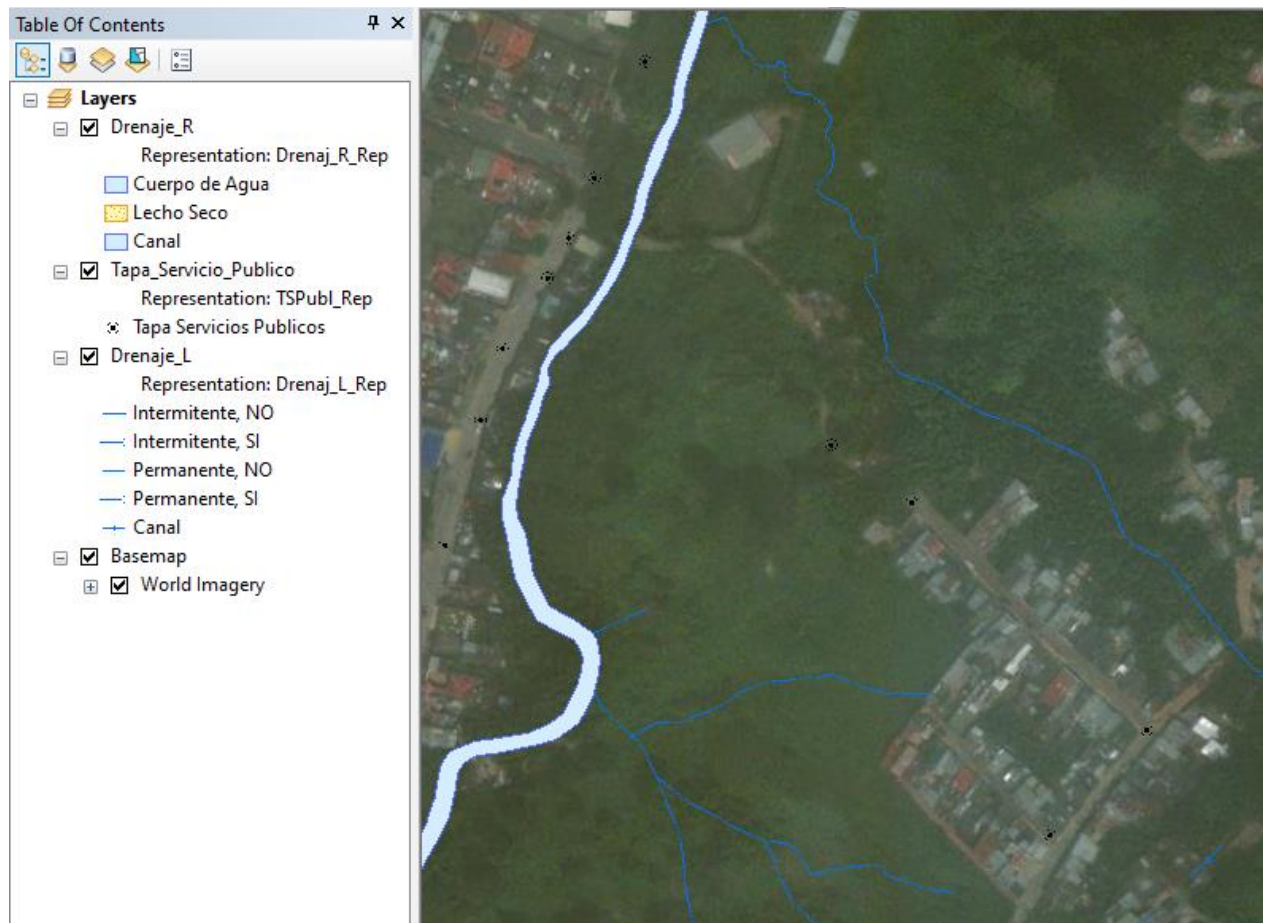
12.3. Planos

Para poder realizar el presupuesto se tendrán en cuenta:

- Planos arquitectónicos.

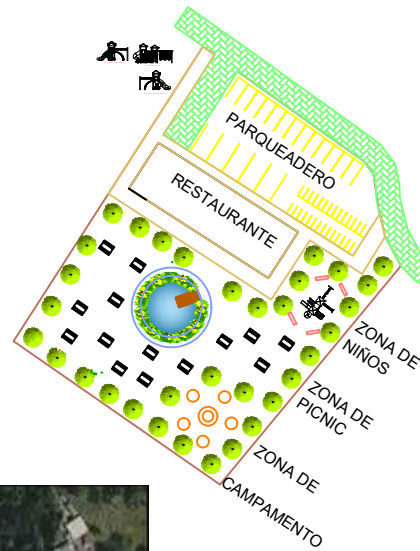
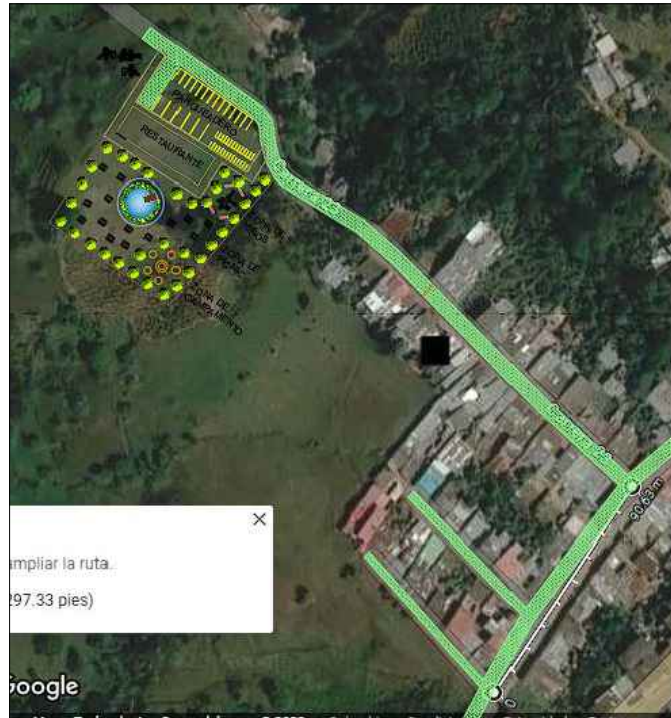
- Planos Estructurales.
- Planos Eléctricos.
- Planos Hidráulico del SUDS.
- Planos Hidrosanitarios.

Para los planos hidráulicos e hidrosanitarios usamos la aplicación ArcGIS para saber la ubicación exacta de la cuenca en la que el humedal se iba a conectar, incluyendo por donde pasaba la red de acueducto y alcantarillado para así conectar el restaurante, se descargó los mapas en el sitio oficial de Cundinamarca y aplicándolo por capas como se muestra en la imagen.

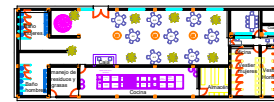


*Ilustración 16 Mapa hidrológico barrio Tao
Tomada de: ArcGIS 10.8*

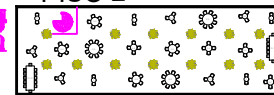
12.3.1. •Plano Arquitectónico SUDS



PISO 1



PISO 2



PROYECTO DE GRADO

HUMEDAL CON
SISTEMA DE DRENAJE
SOSTENIBLE

PACHO-CUNDINAMARCA
BARRIO
TAO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD PILOTO DE
COLOMBIA

CONVENCIONES
ABOLICION
AMUEBLADO
VISTA PANORAMICA
ADQUISICION

ENCUENTRO

MARIA ALEJANDRA LADINO MOLINA
KAREN LIEBETH CRUZ ZAMBRANO
ANDRES FELIPE VELAZQUEZ

INGENIERIA
CIVIL

DISEÑO ARQUITECTONICO

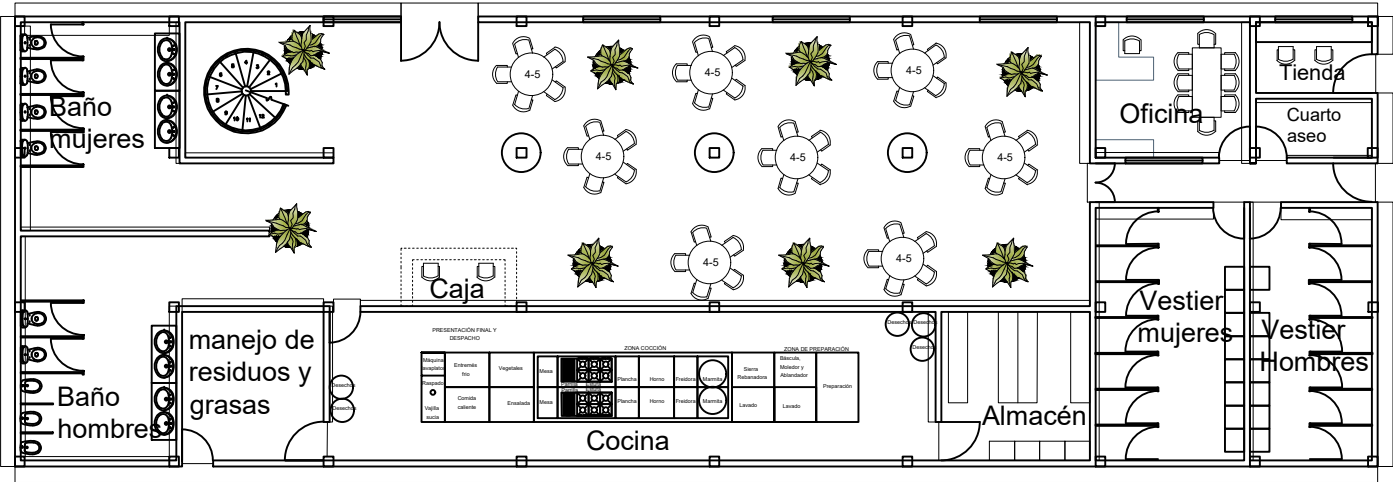
1:75

1 AGOSTO 2023

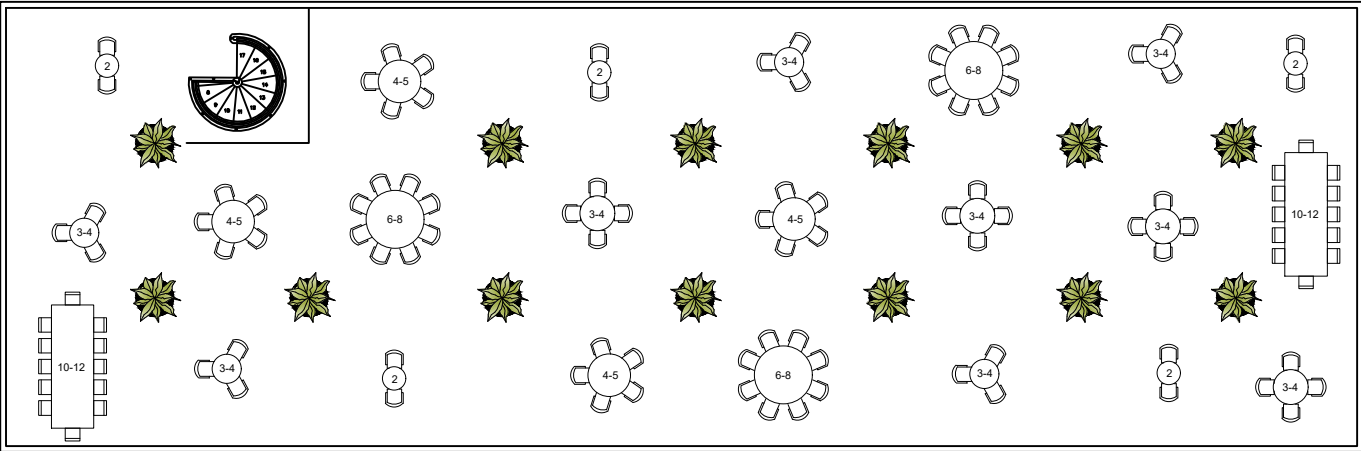
PLANO
1 DE 5

12.3.2. •Plano Arquitectónico restaurante

PISO 1

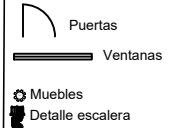


PISO 2



PROGRAMA
INGENIERÍA CIVIL

CONVENCIONES:



CONTIENE: PLANO
ARQUITECTONICO
HUMEDAL CON SISTEMA
DE DRENAJE
SOSTENIBLE

PRESENTADO POR:
MARIA ALEJANDRA LADINO MOLINA
KAREN LISETH CRUZ ZAMBRANO
ANDRES FELIPE VELASQUES

PRESENTADO A:
Facultad de Ingeniería
Civil Universidad Piloto
de Colombia

ESCALA
1:55

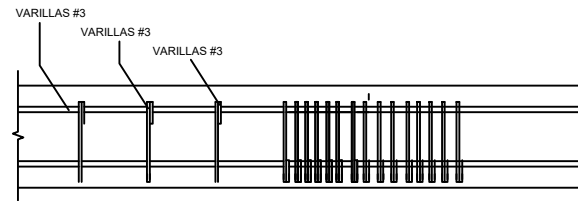
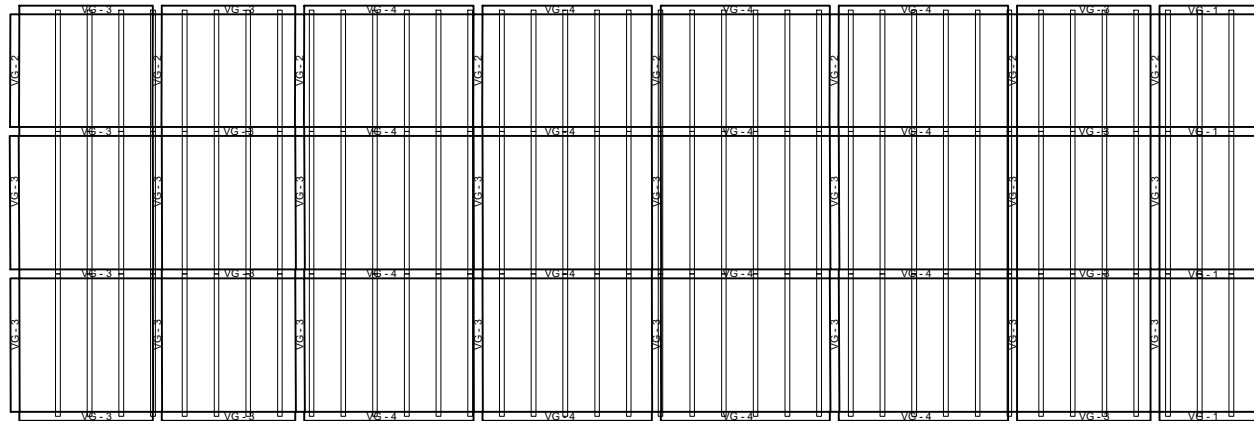
FECHA
01/05/2023

COORDENADAS

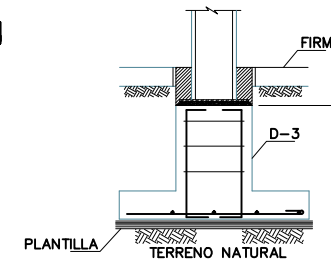
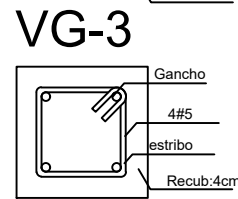
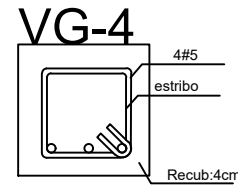
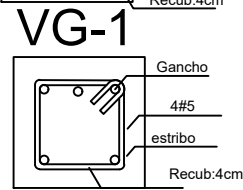
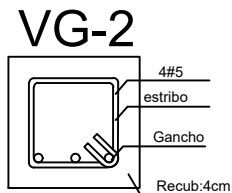
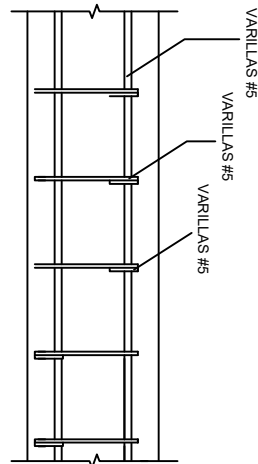
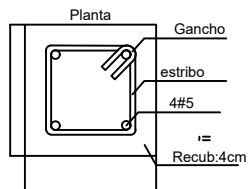
UBICACIÓN:
COLOMBIA PACHO
CUNDINAMARCA

Nota:

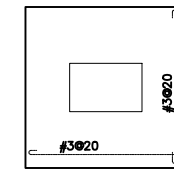
12.3.3. •Plano estructural restaurante



columna



CORTE C - C



ZAPATA ZA-3



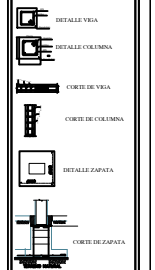
PROYECTO DE GRADO

PROYECTO
HUMEDAL CON
SISTEMA DE DRENAJE
SOSTENIBLE

ENTREGADOR
PACHO-CUNDINAMARCA
BARRIO
TAO

PRESENTADO A
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD PILOTO DE
COLOMBIA

CONVENCIONES



FECHA: 1 AGOSTO 2023

REVISOR
MARIA ALEJANDRA LACORNO MOLINA
KAREN LIEBETH CRUZ ZAMBRANO
ANDRES FELIPE VELAZQUEZ

PROYECTO
INGENIERIA
CIVIL

REVISOR
PLANO ESTRUCTURAL

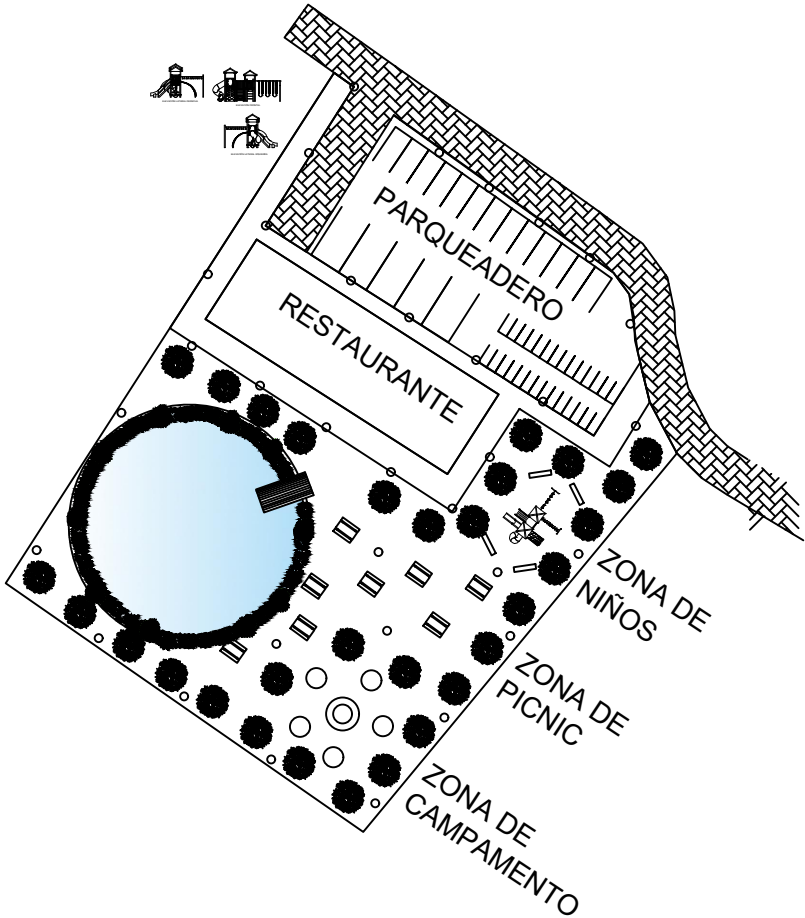
ESCALA: 1:75

FECHA: 1 AGOSTO 2023

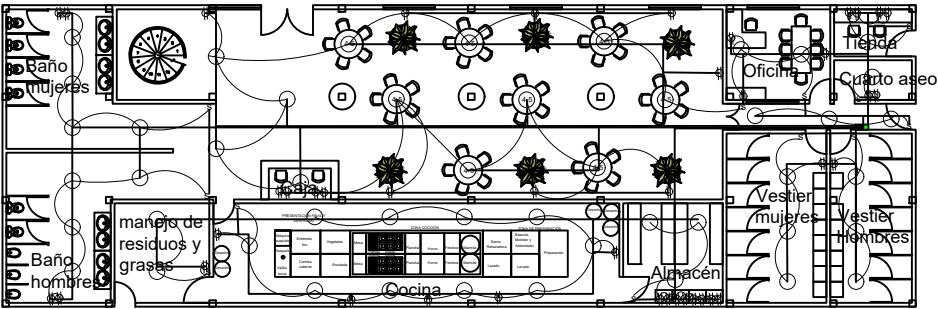
PLANO

4 DE 5

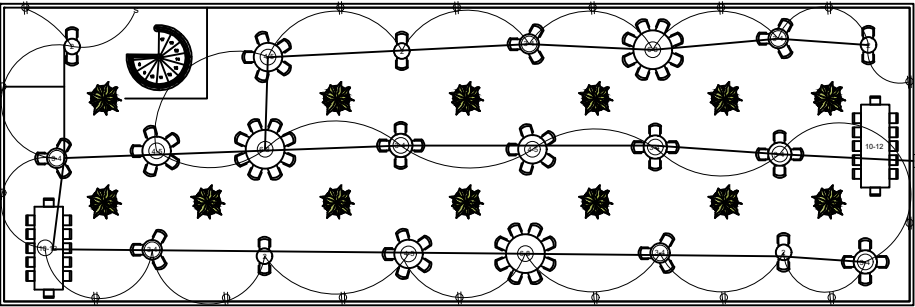
12.3.4. •Plano electrico SUDS



PISO 1



PISO 2



PROYECTO DE GRADO

HUMEDAL CON
SISTEMA DE DRENAJE
SOSTENIBLE

PACHO-CUNDINAMARCA
BARRIO
TAO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD PILOTO DE
COLOMBIA

CONVENCIONES



FECHA	REVISADO POR

MARIA ALEJANDRA LAZARO MOLINA
KARIN LETHY ORTIZ ZAMBRANO
ANDRES FELPE VELASQUES

INGENIERIA
CIVIL

PLANO ELECTRICO

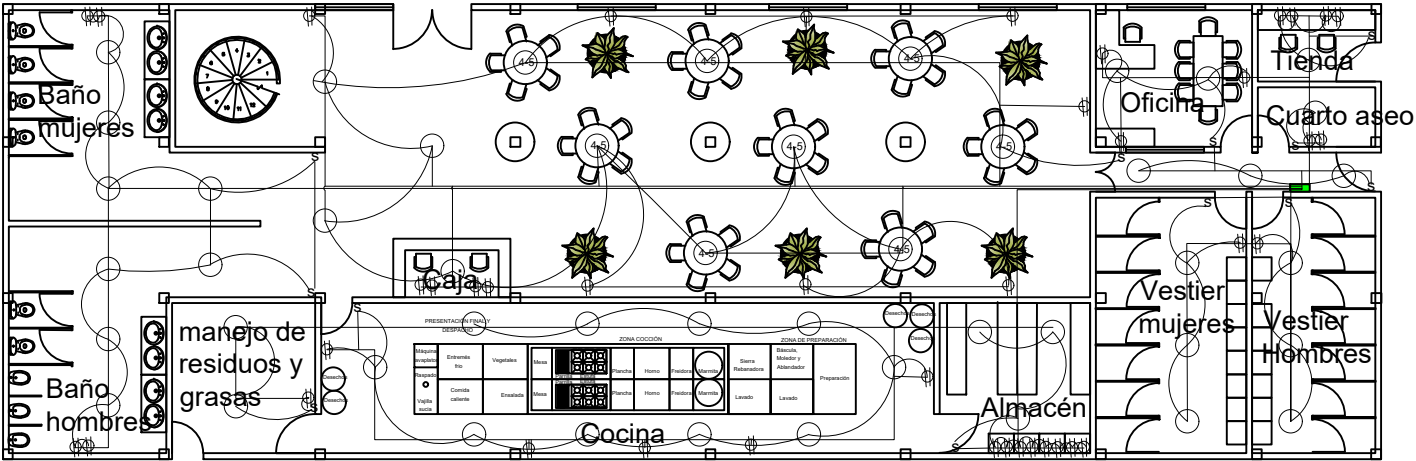
1:75

1 AGOSTO 2023

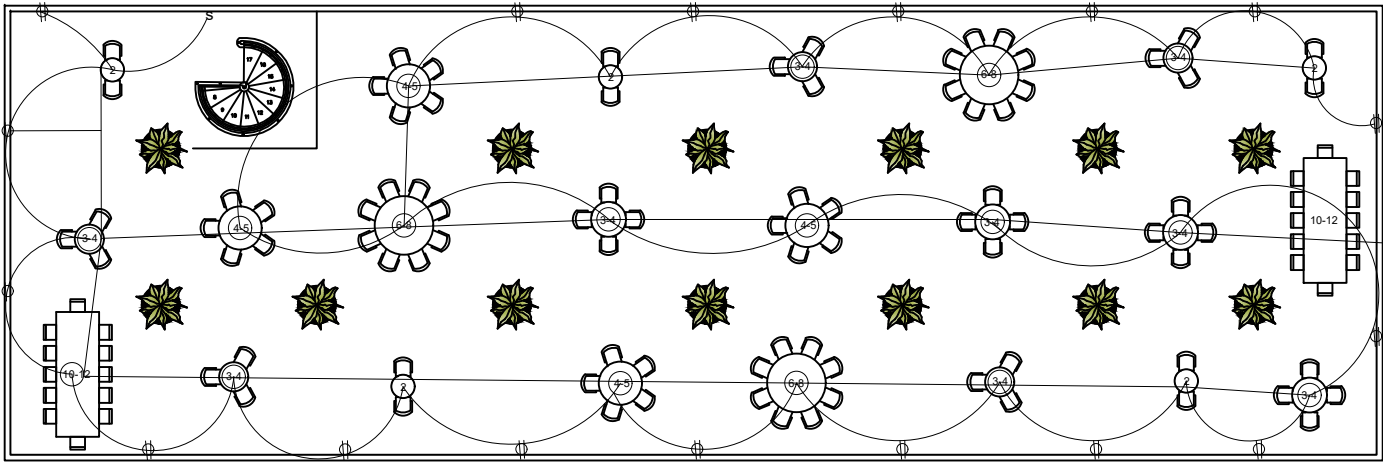
PLANO
5 DE 5

12.3.5. •Plano electrico restaurante

PISO 1



PISO 2



PROGRAMA
INGENIERÍA CIVIL

CONVENCIONES:

- Iluminarias
- ⊕ Tomacorrientes
- Cableado
- Interruptor

CONTIENE:

PLANO
ARQUITECTONICO
HUMEDAL CON SISTEMA
DE DRENAJE
SOSTENIBLE

PRESENTADO POR:

MARIA ALEJANDRA LADINO MOLINA
KAREN LISETH CRUZ ZAMBRANO
ANDRES FELIPE VELASQUES

PRESENTADO A:

Facultad de Ingeniería
Civil Universidad Piloto
de Colombia

ESCALA

1:55

FECHA

01/05/2023

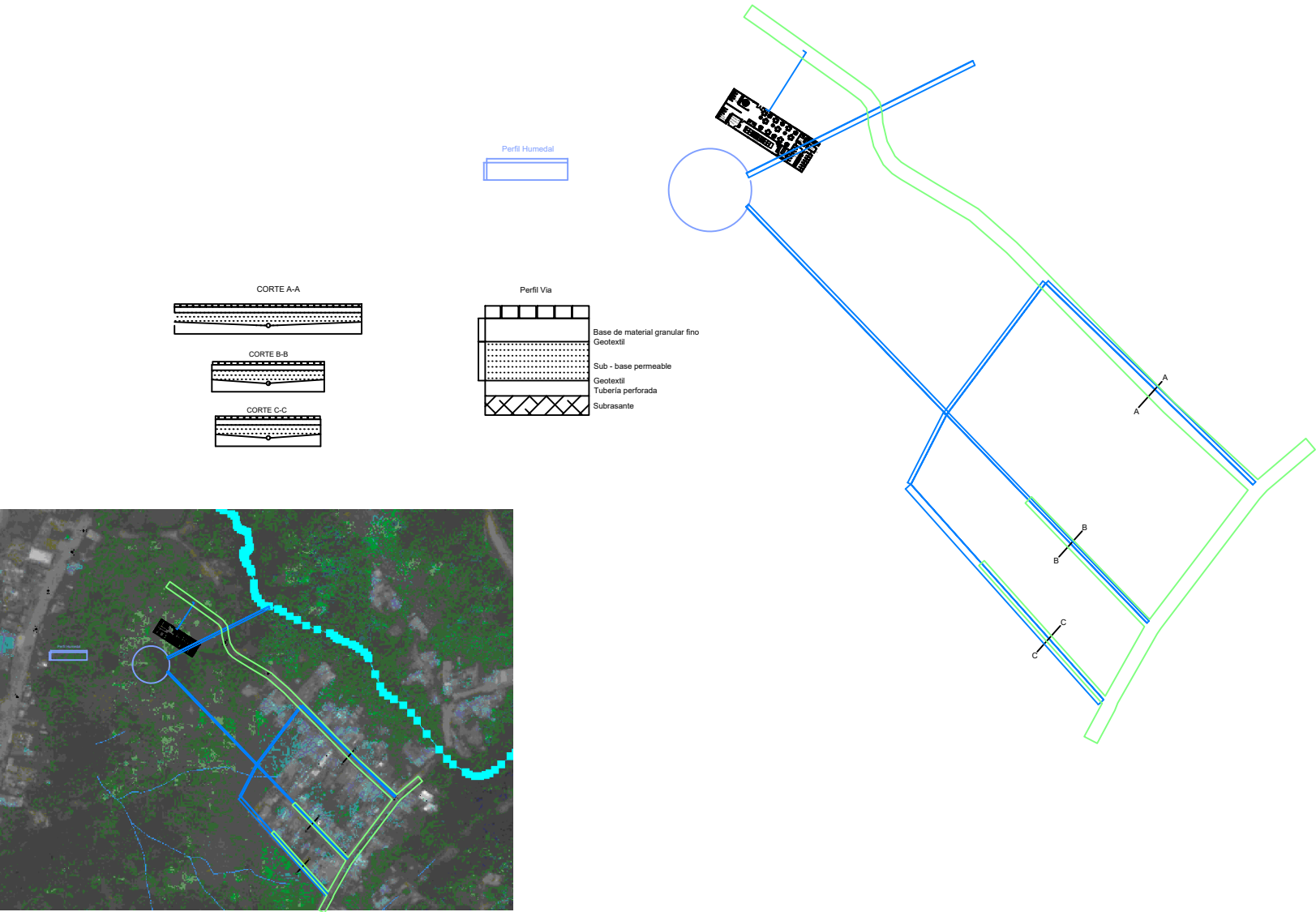
COORDENADAS

UBICACIÓN:

COLOMBIA PACHO
CUNDINAMARCA

Nota:

12.3.6. •Plano hidraulico SUDS





PROYECTO DE GRADO

PROYECTO

HUMEDAL CON SISTEMA DE DRENAJE SOSTENIBLE

EST. ALMACEN

PACHO-CUNDINAMARCA
BARRIO TAO

PRESENTADO A

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

CONVENCIONES

- TUBERIA HIDRAULICA
- VIA
- ACTUADORES
- DETALLE VIA

FECHA	MODIFICACION

REVISOR

MARIA ALEJANDRA LADINO MOLINA
KAREN LIEBETH CRUZ ZAMBRANO
ANDRES FELIPE VELAZQUEZ

PROFESION

INGENIERIA CIVIL

OBJETIVO

PLANO HIDRAULICO

ESCALA

1:75

FECHA

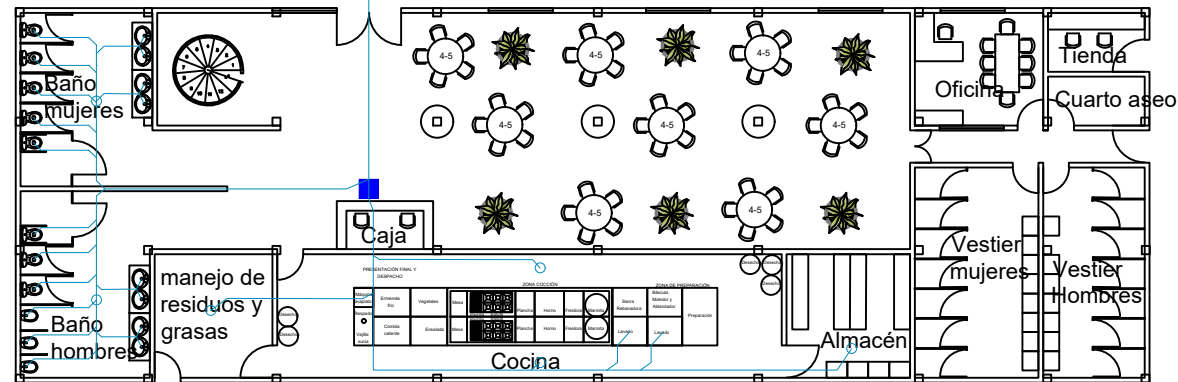
1 AGOSTO 2023

PLANO

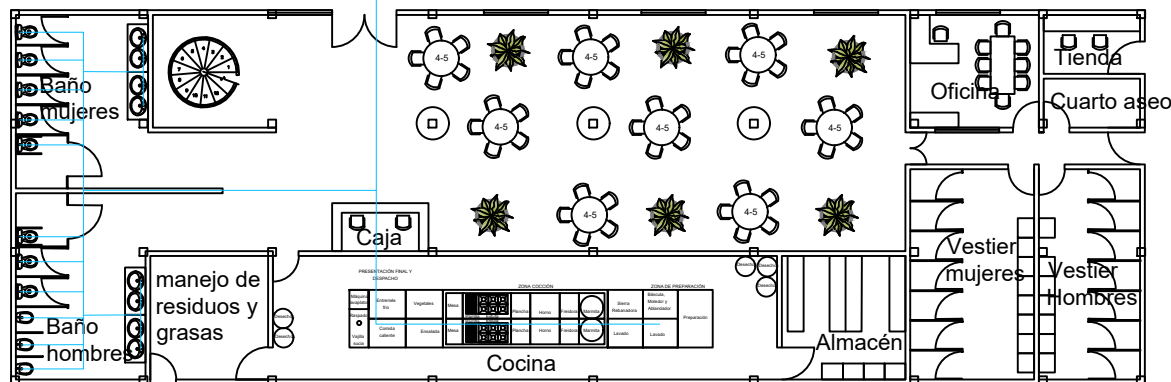
3 DE 5

12.3.7. •Plano hidrosanitario restaurante

PISO 1 SANITARIO



PISO 1 HIDRAULICO



PROYECTO DE GRADO

PROYECTO
HUMEDAL CON
SISTEMA DE DRENAJE
SOSTENIBLE

ENTREGADO POR
PACHO-CUNDINAMARCA
BARRIO
TAO

PRESENTADO A
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD PILOTO DE
COLOMBIA

CONVENCIONES
PUERTAS
AMBIENTES
TUBERIA SANITARIA
TUBERIA HIDRAULICA
ACCESORIOS

REVISADO
REVISOR

REVISOR
MARIA ALEJANDRA LACORNO MOLINA
KAREN LIEBETH CRUZ ZAMBRANO
ANDRES FELIPE VELAZQUEZ

PROYECTO
INGENIERIA
CIVIL

REVISOR
DISEÑO HIDROSANTARIO

ESCALA
1:75

FECHA
1 AGOSTO 2023

PLANO
2 DE 5

12.4. Costos directos

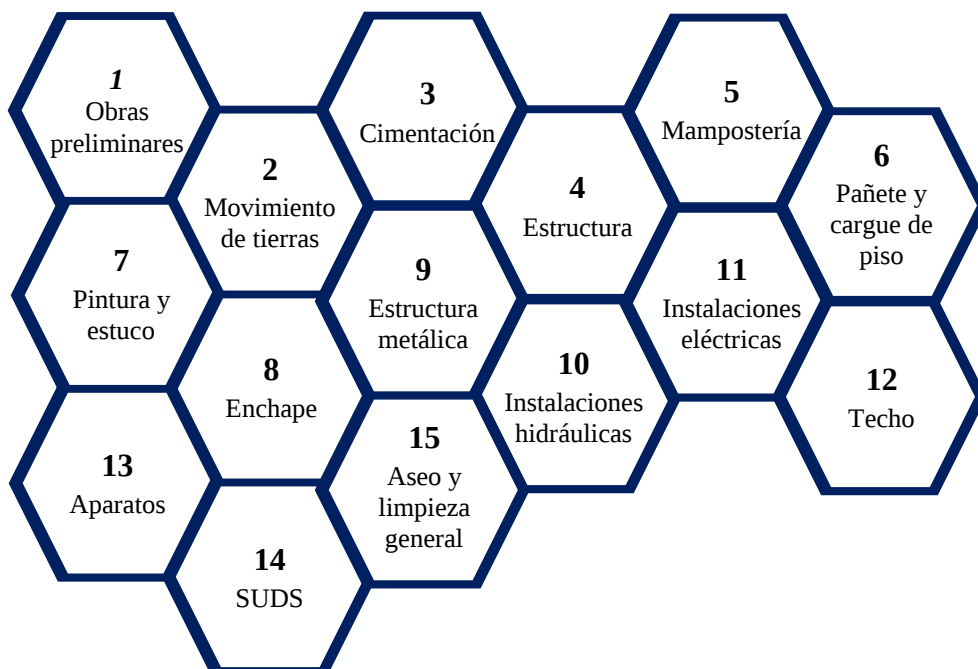
Para poder definir los costos indirectos, primero hay que tener en cuenta que es un tema algo complejo, debido a que abarcan un esquema diferente, los cuales son determinados por cada empresa y como estas, le dan manejo a la parte administrativa dependiendo de las necesidades y capacidad de producción y elaboración de proyectos, es decir una empresa con mayor capacidad de producción, tendrá más gastos indirectos que una de menor capacidad debido a que abarcaran mayor personal, instalaciones , manejo de dotaciones, etc.

Para poder tener un valor aproximado de costos indirectos del proyecto es necesario subdividirlo en dos categorías, costos indirectos en obra y costos indirectos de oficina.

12.4.1. Proceso constructivo

Para nuestro proyecto se deben definir una serie de actividades para la elaboración satisfactoria del proyecto, estas actividades quedaran agrupadas en capítulos según su proceso, teniendo esto en cuenta los capítulos para nuestro proceso constructivo son:

“Anexo 2: Procesos constructivos”



12.4.2. Cantidades

Para las cantidades vamos a tener en cuenta los planos los cuales van a brindar la información necesaria y principal para poder sacar los siguientes datos.

“Anexo 3: Cantidades”

- Áreas y longitudes del proyecto

Tabla 5 Áreas y longitudes del proyecto
Tomada de: Autores

Área vías	2196.62	m2	Área enchape vertical	262.47	m2
Área terreno	4157.91	m2	Área guarda escobas	34.51	m2
Área total	6354.53	m2	Área enchape horizontal	772.66	m2
Área Excavación vía y P	1590.09	m3	Área techo 1 piso	386.13	m2
Área humedal	199.00	m3	Área techo 2 piso	397.53	m2
Área parqueaderos	883.63	m2	Área base Permeable	128.61	m3
Área zapatas	23.40	m3	Área Sub-Base permeable	257.23	m3
Área restaurante	411.53	m2	Área base	484.73	m3
Área de muros	606.49	m2	Área Sub-Base	719.52	m3
Área de ventanas	21.00	m2	Área adoquines y Geotextil	3080.25	m2
Área de dinteles	11.60	m2	área anden	62.80	m3
Longitud de muro para enchape vertical	81.49	mL	Longitud tubería sanitaria	104.1246	mL
Longitud tubería para SUDS	471.3	mL	Longitud tubería hidráulica	84.1704	mL
Longitud tubería y cable eléctrico	432.595	mL	Longitud Estructura madera	223	mL

12.4.3. Duración del proyecto

12.4.3.1. Mano de obra

En la mano de obra tener en cuenta el pago del jornal de los trabajadores, este se calculó referente cuanto se va a pagar al mes para así poder sacar el total de jornal diario adicional se calculó las prestaciones sociales donde se tuvo en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$\text{Cesantías} = \frac{\text{Salario del mes} \times 30}{360}$$

$$\text{Prima de servicios} = \frac{\text{Salario del mes} \times 30}{360}$$

$$\text{Vacaciones} = \frac{\text{Salario del mes} \times 30}{720}$$

$$\text{Interés de cesantías} = \frac{\text{Cesantía} \times 0.12 \times 30}{360}$$

Con estos datos y ecuaciones claras, proseguimos a generar el valor de pago para los trabajadores para el topógrafo, oficial y ayudante y cadenero, los cuales se condensaron en las siguientes tablas.

Tabla 6 Jornal
Tomada de: Autores

	TOPOGRAFO	OFICIAL	AYUDANTE Y CADENERO
JORNAL			
salario mes	\$ 5,100,000.00	\$ 1,400,000.00	\$ 1,160,000.00
Total, JORNAL	\$ 170,000.00	\$ 46,666.67	\$ 38,666.67
PRESTACIONES			
Aux transporte	\$ 140,606.00	\$ 140,606.00	\$ 140,606.00
cesantía	\$ 425,000.00	\$ 116,666.67	\$ 96,666.67
prima servicios	\$ 425,000.00	\$ 116,666.67	\$ 96,666.67
vacaciones	\$ 212,500.00	\$ 58,333.33	\$ 48,333.33
interés cesantías	\$ 4,250.00	\$ 1,166.67	\$ 966.67
caja compensación (4%)	\$ 204,000.00	\$ 56,000.00	\$ 46,400.00
Sena (2%)	\$ 102,000.00	\$ 28,000.00	\$ 23,200.00

icbf (3%)	\$ 153,000.00	\$ 42,000.00	\$ 34,800.00
salud (4%)	\$ 204,000.00	\$ 56,000.00	\$ 46,400.00
pensión (4%)	\$ 204,000.00	\$ 56,000.00	\$ 46,400.00
ARL (6,96%)	\$ 354,960.00	\$ 97,440.00	\$ 80,736.00
FIC (1%)	\$ 51,000.00	\$ 14,000.00	\$ 11,600.00
total, mes	\$ 2,480,316.00	\$ 782,879.33	\$ 672,775.33
TOTAL, PRESTACIONES	\$ 82,677.20	\$ 26,095.98	\$ 22,425.84

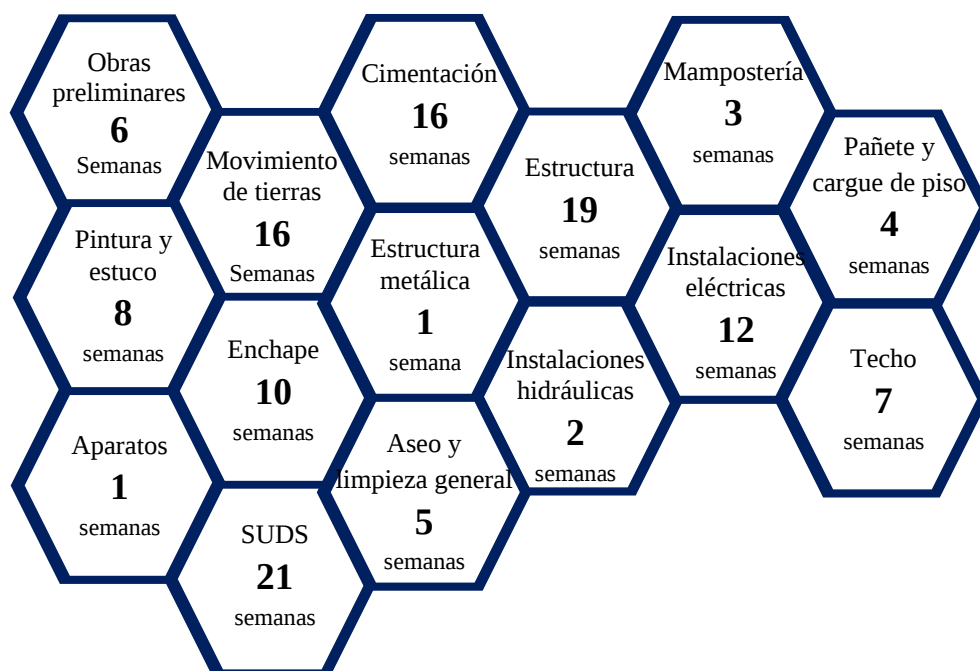
12.4.3.2. Duración por semanas del proyecto

Para poder estimar el tiempo, a cada actividad se determinará una cuadrilla, la cual tendrá un rendimiento por día que se multiplicará por la cantidad para tener el tiempo final de la actividad por semanas.

“Anexo 4: Rendimiento por cuadrilla”

Luego se realizará rutas críticas por capítulo esto se hace con el fin de identificar las actividades necesarias además de determinar flexibilidad del cronograma los resultados de estas rutas críticas se condensan en las siguientes semanas.

“Anexo 5: Rutas críticas”



Luego de Realizar la ruta crítica principal con los datos de la tabla anterior el tiempo estimado para esta obra es de **86 semanas**, se elaboró un cronograma en base a la misma.

“Anexo 6: Cronograma”

12.4.4. Análisis de Precios Unitarios (APU's)

Ahora vamos a empezar a calcular el análisis de Precios Unitarios (APU) por cada actividad esto con el fin de obtener nuestro presupuesto final.

“Anexo 7: APU's”

12.4.5. Presupuesto

La plantilla de APU's se debe llenar por actividad y así sacaremos el presupuesto con los valores obtenidos en cada APU multiplicado por las cantidades anteriormente sacadas, a continuación, evidenciamos el valor de cada capítulo el cual se sacó sumando el costo de la actividad dentro de su grupo, se sumó para obtener el presupuesto final.

“Anexo 8: Presupuesto”

Tabla 7 Presupuesto final
Tomada de: Autores

ítem	descripción	Total
1	obras preliminares	\$ 73,124,949.29
2	movimiento de tierras	\$ 55,137,137.05
3	cimentación	\$ 135,733,942.41
4	estructura	\$ 144,765,571.19
5	mampostería	\$ 8,615,828.36
6	pañete y Cargue de piso	\$ 33,503,825.76
7	pintura y estuco	\$ 12,661,732.60
8	enchape	\$ 79,487,122.87
9	estructura metálica	\$ 13,015,465.86
10	Instalaciones hidráulicas	\$ 14,362,747.80
11	instalaciones eléctricas	\$ 30,553,476.80
12	Techo	\$ 42,826,542.58

13	aparatos	\$ 11,689,113.52
14	SUDS	\$ 461,775,317.49
15	Aseo y limpieza general	\$ 16,792,346.87
TOTAL		\$ 1,134,045,120.45

En el caso de nuestro proyecto los capítulos que más costos directos se llevan son la construcción del SUDS, la elaboración de las estructuras y la parte de cimentación, con un **40%**, **12%**, y **11%** respectivamente con respecto al presupuesto total para la elaboración del proyecto.

12.4.6. Curva S

Para tener una idea más clara de cómo será el proceso de pago referente al cronograma de actividades, graficaremos la curva s. La cual también nos muestra que a partir de la **semana 18** los gasto empiezan a aumentar considerablemente y da una idea más amplia de los gastos semanales que se van a tener durante el proyecto.

“Anexo 9: Curva S”

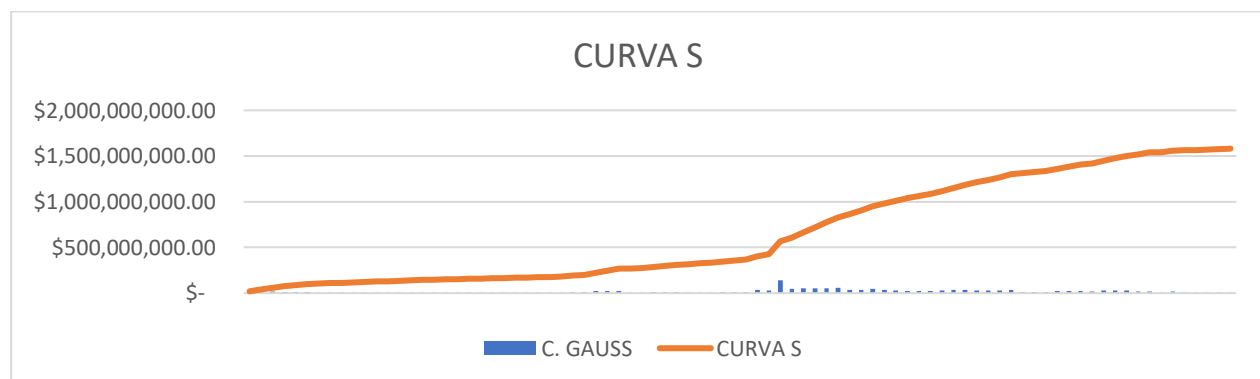


Ilustración 17 Curva S
Tomada de: Autores

En esta curva se incluyen los costos de Administración (**15%**), imprevistos (**7%**), utilidad (**8%**), impuesto valor agregado (**19%**), supervisión y liquidación (**4%**) y expedientes técnicos (**2%**), para un valor total de inversión de **\$1.580.985.910,96** en costo directo.

12.5. Viabilidad

Para poder entregar satisfactoriamente un proyecto se debe tener en cuenta la viabilidad, pues, todo proyecto corre con algún riesgo y por esto mismo debe ser analizado profundamente. Por lo que se llega a hacer un análisis de los pros y los contras que tendrá un proyecto al realizar cualquier inversión monetaria.

Además, nos permite conocer los límites, las capacidades y los factores que podrían llegar a perjudicar de cierta manera el proyecto al momento de construir, pues no solamente la viabilidad se ve en proyectos si no también en obra, este podría ser un indicador con respecto al tiempo de construcción para avisarnos en qué momento llegamos o podríamos llegar a pasar el límite con respecto al presupuesto que se estableció inicialmente.

Este proyecto no es la excepción a ser propenso a retrasos, inicialmente se generó una curva S donde se indican los tiempos de construcción y los gastos iniciales de cada actividad, con esto se realizó la tabla de viabilidad con porcentajes del **25%**, **50%**, **75%** y **100%**. Esto al momento de realizar la actividad siendo este el porcentaje a ejecutar, pero no estamos exentos a presentar demoras o alguna pérdida económica por lo que se generó un valor porcentual planeado, el cual indica lo que se planea o se desea llegar a obtener al momento de la realización de dichas actividades con un margen de error mínimo que se describirá en la siguiente tabla:

Varianza del Costo **CV=EV-AC**

Varianza del Cronograma **SV= EV-PV**

Índice de desempeño del Costo **CPI= EV/AC**

índice de desempeño del Cronograma **SPI= EV/PV**

Presupuesto hasta la conclusión **BAC = $\sum$ PV**

Estimación del costo a la conclusión

Varianza de los costos Finales **VAC=BAC-EAC**

Estimación para la terminación del proyecto **ETC= EAC.AC**

índice del desempeño del trabajo por completar **TCPI =(BAC.EV) /(EAC.AC)**

Estimación del tiempo de conclusión **EACT =(BAC/SPI) /(VAC/meses)**

Ilustración 18. Primera parte de tabla de viabilidad Tomado de: Autores

ítem	Descripción	TIEMPO (SEMANAS)	BAC	% EJECUTAD	% PLANEAD	AC	PV	EV	CV	SV	CPI
1	obras preliminares	6	\$ 73,124,949.29	50%	48%	\$ 36,562,474.64	\$ 35,099,975.66	\$ 36,562,474.64	\$ -	\$ 1,462,498.99	1
2	movimiento de tierras	13	\$ 55,137,137.05	50%	48%	\$ 27,568,568.52	\$ 26,465,825.78	\$ 27,568,568.52	\$ -	\$ 1,102,742.74	1
3	cimentacion	18	\$ 135,733,942.41	50%	48%	\$ 67,866,971.20	\$ 65,152,292.36	\$ 67,866,971.20	\$ -	\$ 2,714,678.85	1
4	estructura	19	\$ 144,765,571.19	50%	48%	\$ 72,382,785.59	\$ 69,487,474.17	\$ 72,382,785.59	\$ -	\$ 2,895,311.42	1
5	mamposteria	3	\$ 8,615,828.36	50%	48%	\$ 4,307,914.18	\$ 4,135,597.61	\$ 4,307,914.18	\$ -	\$ 172,316.57	1
6	pañete y Cargue de piso	7	\$ 33,503,825.76	50%	48%	\$ 16,751,912.88	\$ 16,081,836.37	\$ 16,751,912.88	\$ -	\$ 670,076.52	1
7	pintura y estuco	8	\$ 12,661,732.60	50%	48%	\$ 6,330,866.30	\$ 6,077,631.65	\$ 6,330,866.30	\$ -	\$ 253,234.65	1
8	enchape	14	\$ 79,487,122.87	50%	48%	\$ 39,743,561.44	\$ 38,153,818.98	\$ 39,743,561.44	\$ -	\$ 1,589,742.46	1
9	estructura metalica	7	\$ 13,015,465.86	50%	48%	\$ 6,507,732.93	\$ 6,247,423.61	\$ 6,507,732.93	\$ -	\$ 260,309.32	1
10	Instalaciones hidraulicas	10	\$ 14,362,747.80	50%	48%	\$ 7,181,373.90	\$ 6,894,118.94	\$ 7,181,373.90	\$ -	\$ 287,254.96	1
11	instalaciones electricas	17	\$ 29,955,670.64	50%	48%	\$ 14,977,835.32	\$ 14,378,721.91	\$ 14,977,835.32	\$ -	\$ 599,113.41	1
12	Techo	10	\$ 42,826,542.58	50%	48%	\$ 21,413,271.29	\$ 20,556,740.44	\$ 21,413,271.29	\$ -	\$ 856,530.85	1
13	aparatos	4	\$ 11,689,113.52	50%	48%	\$ 5,844,556.76	\$ 5,610,774.49	\$ 5,844,556.76	\$ -	\$ 233,782.27	1
14	SUDS	32	\$ 461,775,317.49	50%	48%	\$ 230,887,658.75	\$ 221,652,152.40	\$ 230,887,658.75	\$ -	\$ 9,235,506.35	1
15	Aseo y limpieza general	5	\$ 16,792,346.87	50%	48%	\$ 8,396,173.43	\$ 8,060,326.50	\$ 8,396,173.43	\$ -	\$ 335,846.94	1
TOTAL			\$ 1,133,447,314.29	50%	48%	\$ 566,723,657.14	\$ 544,054,710.86	\$ 566,723,657.14	\$ -	\$ 22,668,946.29	1

ítem	Descripción	TIEMPO (SEMANAS)	BAC	% EJECUTADO	% PLANEADO	SPI	TCPI	EAC	ETC	VAC
1	obras preliminares	6	\$ 73,124,949.29	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 73,124,949.29	\$ 36,562,474.64	\$ -
2	movimiento de tierras	13	\$ 55,137,137.05	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 55,137,137.05	\$ 27,568,568.52	\$ -
3	cimentacion	18	\$ 135,733,942.41	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 135,733,942.41	\$ 67,866,971.20	\$ -
4	estructura	19	\$ 144,765,571.19	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 144,765,571.19	\$ 72,382,785.59	\$ -
5	mamposteria	3	\$ 8,615,828.36	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 8,615,828.36	\$ 4,307,914.18	\$ -
6	pañete y Cargue de piso	7	\$ 33,503,825.76	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 33,503,825.76	\$ 16,751,912.88	\$ -
7	pintura y estuco	8	\$ 12,661,732.60	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 12,661,732.60	\$ 6,330,866.30	\$ -
8	enchape	14	\$ 79,487,122.87	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 79,487,122.87	\$ 39,743,561.44	\$ -
9	estructura metalica	7	\$ 13,015,465.86	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 13,015,465.86	\$ 6,507,732.93	\$ -
10	Instalaciones hidraulicas	10	\$ 14,362,747.80	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 14,362,747.80	\$ 7,181,373.90	\$ -
11	instalaciones electricas	17	\$ 29,955,670.64	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 29,955,670.64	\$ 14,977,835.32	\$ -
12	Techo	10	\$ 42,826,542.58	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 42,826,542.58	\$ 21,413,271.29	\$ -
13	aparatos	4	\$ 11,689,113.52	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 11,689,113.52	\$ 5,844,556.76	\$ -
14	SUDS	32	\$ 461,775,317.49	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 461,775,317.49	\$ 230,887,658.75	\$ -
15	Aseo y limpieza general	5	\$ 16,792,346.87	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 16,792,346.87	\$ 8,396,173.43	\$ -
TOTAL			\$ 1,133,447,314.29	50%	48%	1.0416667	\$ 1.00	\$ 1,133,447,314.29	\$ 566,723,657.14	\$ -

12.6. Costos Indirectos

Para poder definir los costos indirectos, primero hay que tener en cuenta que es un tema algo complejo, debido a que abarcan un esquema diferente, los cuales son determinados por cada empresa y como estas, le dan manejo a la parte administrativa dependiendo de las necesidades y capacidad de producción y elaboración de proyectos, es decir una empresa con mayor capacidad de producción, tendrá más gastos indirectos que una de menor capacidad debido a que abarcaran mayor personal, instalaciones , manejo de dotaciones, etc.

Para poder tener un valor aproximado de costos indirectos del proyecto es necesario subdividirlo en dos categorías, costos indirectos en obra y costos indirectos de oficina.

12.6.1. Costos indirectos de obra

Cuando hablamos de costos indirectos de obra, nos referimos a los costos que surgen de cada personal instalado, de planta en la parte administrativa, los cuales se encargaran de organizar, controlar y dar la adecuada supervisión en la obra verificando que todo vaya según lo estimado del proyecto.

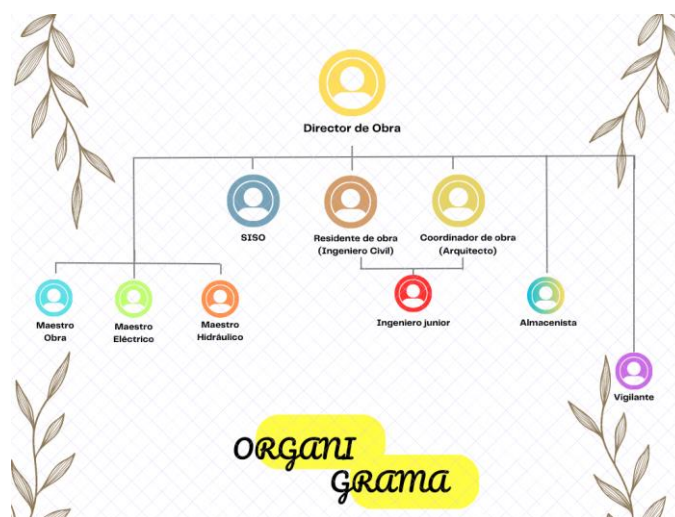


Ilustración 18. Organigrama zona administrativa Tomado de: Autores

	DIRECTOR DE OBRA	RESIDENTE DE OBRA	COORDINADOR DE OBRA	SISO	ALMACENISTA	MAESTRO DE OBRA	MAESTRO HIDRÁULICO	MAESTRO ELÉCTRICO	INGENIERO JUNIOR	VIGILANTE
JORNAL										
Salario Mes	\$ 8,000,000.00	\$ 2,000,000.00	\$ 1,900,000.00	\$ 2,400,000.00	\$ 1,300,000.00	\$ 1,650,000.00	\$ 1,500,000.00	\$ 1,400,000.00	\$ 1,160,000.00	\$ 1,700,000.00
Total JORNAL	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67	\$ 266,666.67
PRESTACIONES										
Auxilio Transporte	\$ 140,606.00	\$ 140,607.00	\$ 140,608.00	\$ 140,609.00	\$ 140,610.00	\$ 140,610.00	\$ 140,610.00	\$ 140,610.00	\$ 140,611.00	\$ 140,612.00
Cesantía	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67
Prima Servicios	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67	\$ 666,666.67
Vacaciones	\$ 333,333.33	\$ 83,333.33	\$ 79,166.67	\$ 100,000.00	\$ 54,166.67	\$ 68,750.00	\$ 62,500.00	\$ 58,333.33	\$ 48,333.33	\$ 70,833.33
Interés Cesantías	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67	\$ 6,666.67
Caja Compensación (4%)	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00
Sena (2%)	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00
ICBF (3%)	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00
Salud (4%)	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00
Pensión (4%)	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00	\$ 320,000.00
ARL (6,96%)	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00	\$ 556,800.00
FIC (1%)	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00
Total Mes	\$ 3,810,739.33	\$ 3,560,740.33	\$ 3,556,574.67	\$ 3,577,409.00	\$ 3,531,576.67	\$ 3,546,160.00	\$ 3,539,910.00	\$ 3,535,743.33	\$ 3,525,744.33	\$ 3,548,245.33
TOTAL PRESTACIONES	\$ 127,024.64	\$ 118,691.34	\$ 118,552.49	\$ 119,246.97	\$ 117,719.22	\$ 118,205.33	\$ 117,997.00	\$ 117,858.11	\$ 117,524.81	\$ 118,274.84
COSTOS TOTALES	\$ 520,323,537.48									

Ilustración 19. Costos Indirectos de Obra Tomado de: Autores

12.6.2. Costos indirectos de oficina

Se le puede denominar costos indirectos a la oficina a todos aquellos gastos que se dan con respecto a los costos directos de la administración de la oficina y a los gastos de dotación que se suministran, y demás gastos como administración, mercados y demás insumos que se consumen dentro de la oficina, pero que se obvian por no ser tan significativos al cálculo.

ELEMENTOS DE PROTECCION	VALOR DOTACIÓN
BOTAS PUNTA ACERO	\$ 109,900.00
CASCO TRABAJO EN ALTURA	\$ 79,900.00
GAFAS DE PROTECCION	\$ 17,000.00
GUANTES MULTIPROPOSITOS	\$ 14,900.00
VALOR TOTAL POR DOTACIÓN	\$ 2,217,000.00
OFICINA	VALOR
ADMINISTRACIÓN	\$ 1,250,000.00
VALOR TOTAL POR DOTACIÓN	\$ 26,875,000.00
COSTO TOTAL	\$ 29,092,000.00

Ilustración 20. Costo Total Indirecto de Oficina Tomado de: Autores

12.7. Propuesta de Modelo Financiero

INVERSIÓN TOTAL REQUERIDA POR LA ALCALDÍA DE PACHO - CUNDINAMARCA	
COSTO DIRECTO DE LA OBRA	\$ 1,134,025,120.45
COSTOS TOTALES INDIRECTOS EN OBRA	\$ 520,323,537.48
COSTO TOTAL INDIRECTO DE OFICINA	\$ 29,092,000.00
ADMINISTRACIÓN (15%) + IMPREVISTOS (7%)	\$ 370,356,944.75
UTILIDAD (8%)	\$ 134,675,252.63
SUBTOTAL	\$ 2,188,472,855.31
IMPUESTO VALOR AGREGADO (IVA 19%)	\$ 25,588,298.00
VALOR REFERENTE	\$ 2,214,061,153.31
SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN (4%)	\$ 88,562,446.13
EXPEDIENTE TÉCNICO (2%)	\$ 44,281,223.07
TOTAL PRESUPUESTO DE ELABORACIÓN	\$ 2,346,904,822.51

Ilustración 21. Propuesta de inversión total requerida por la alcaldía Tomado de: Autores

Teniendo en cuenta el modelo económico y con base en el modelo financiero realizado, se construye una propuesta con el fin de implementar el sistema urbano de drenaje sostenible que facilitará y apoyará al sistema de drenaje convencional actuante en el barrio tao, de pacho Cundinamarca en un periodo de **86 semanas** lo que aproximadamente sería **1 año y 7 meses**.

La realización del proyecto se hará por la suma de **\$2.346.904.822,51** de pesos colombianos de los cuales se le pedirá el 100% de la inversión a la alcaldía, la cual se le pedirá el **40%** de la inversión es decir **\$938.761.929,01**, de forma inicial para empezar el proceso constructivo, pasados 8 meses **30%** de abono lo que correspondería a **\$704.071.446**, y para el otro **30%** restante se estará solicitando el monto de **\$704.071.446** a los 8 meses después del segundo abono. Es decir que los

abonos se pedirán en periodos de 8 meses consecutivos al abono anterior, teniendo el total de inversión tres meses antes de la entrega final del proyecto.

Una vez construido el proyecto se planteará la elaboración de una alianza Público-Privada, La cual liberará a la alcaldía de cualquier tipo de gastos referentes a mantenimientos y operaciones del SUDS. La parte privada entrará en función de administrar el proyecto con el fin de hacerlo atractivo a la comunidad manejando diferentes estrategias, tipo restaurantes, zonas interactivas y lúdicas que sean pioneras en la integración entre comunidad y gobernanzas que velen por el desarrollo de la región y de los habitantes.

Otros beneficios que traerá la inversión y realización el proyecto a la alcaldía de pacho sería la inversión en comunidad por parte de la salud y el bienestar, mejorando el saneamiento en función de aumentar la calidad del agua, haciendo la ciudad y comunidad sostenibles a los problemas manifestados, realizando una acción que ayude a progresar con el ambiente.

El saldo total de la elaboración del **SUDS** en pacho Cundinamarca cerrará en **\$2.346.904.822,51** millones de pesos colombianos para la finalización del primer año dejando un flujo neto de efectivo disponible **\$663.464.164,6** millones de pesos colombianos con respecto a la inversión de elaboración del proyecto.

El flujo de caja es una herramienta presente en un proyecto, ayudando en la planeación, control y evaluación financiera de los mismos. Mostrando la información general y real de las entradas y salidas de dinero. En nuestro proyecto al ser entregado a una institución pública, al plazo de un año, no se le hará control de seguimiento del flujo de caja debido a que se llevaría un control de utilidad.

“Anexo 10: Flujo de caja”

13. Operación y mantenimiento

Para que el enfoque integrado de manejo y gestión de aguas pluviales en zonas de áreas urbanas se siga ejecutando de manera correcta. Es imperativo que se defina y delimite la operación y mantenimiento del SUDS para que estas, garanticen la sostenibilidad de un adecuado funcionamiento efectivo, y prolongado a lo largo del tiempo. La mejor manera de desglosar estas operaciones para el mantenimiento seria por medio de diferentes actividades que sean planeadas teniendo en cuenta: diseño, objetivos de sistema, veedurías de infraestructura, contexto vegetativo, contexto paisajístico y social.

Según la guía metodológica para la formulación e implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible del ministerio de vivienda de Colombia, recomiendan que dichas actividades se subdividan en tres categorías importantes a tratar: mantenimiento regular, ocasional y correctivo. *(Guía metodológica para la formulación e Implementación de Sistemas urbanos de drenaje sostenible (2022))*.

La clase sobre el mantenimiento regular hace referencia a todas las actividades que se deben hacer de manera cíclica y programadas por el encargado del mantenimiento, las cuales tienen como finalidad u objetivo principal. Evitar que ocurra algún tipo de daño o averías, minimizando el riesgo de alguna emergencia que proceda a el colapso del sistema; el mantenimiento ocasional se sobrentiende que son las actividades cuyo objetivo principal es el de buscar prolongar la vigencia y darle perdurabilidad al sistema, para que así se logre extender el servicio brindando longevidad. Y el mantenimiento correctivo son las actividades que se hacen para reemplazar y corregir los percances, perjuicios, roturas o daños, que se puedan presentar o detectar por las actividades anterior mente expuestas (regular y ocasional).

Tabla 8 Ilustración 18 Actividades de mantenimiento
Tomada de Guía metodológica para la formulación e Implementación de Sistemas urbanos de drenaje sostenible (2022)

TIPO DE SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO
SUPERFICIES PERMEABLES	• Mantenimiento y limpieza de estructuras de infiltración • Reacondicionamiento de las estructuras de infiltración • Reparación y rehabilitación de estructuras filtrantes • Lavado a presión de la superficie permeable • Cambio de la superficie permeable

ACTIVIDADES		REGULAR	OCASIONAL	CORRECTIVO
Mantenimiento y limpieza de estructuras de infiltración		X		
Reacondicionamiento de las estructuras de infiltración			X	
Reparación y rehabilitación de estructuras filtrantes				X
Lavado a presión de la superficie permeable			X	
Cambio de la superficie permeable				X

Tabla 9 Tipo de Mantenimiento
Tomada de Guía metodológica para la formulación e Implementación de Sistemas urbanos de drenaje sostenible (2022)

14. Impactos ambientales durante la obra

Se sabe que para la realización de cualquier proyecto se debe tener en cuenta las normativas que permitan la realización de este, por lo en este caso no es la excepción, para poder culminar un proyecto se debe tener en cuenta también la parte ambiental, siendo esta una normativa fundamental. Como bien se conoce hay algunos parámetros dentro de lo normativo que indican como se puede proceder con respecto a lo ambiental la construcción de una obra, y para esto se tienen en cuenta la identificación de impactos ambientales que puede conllevar dicha construcción. A continuación de mostraran algunos ejemplos de la evaluación y la ficha de un impacto ambiental que funcionaria dentro de la construcción para sobreguardas de cualquier error o conflicto con los impactos ambientales que puede llegar a tener el proyecto, esto se hace con el fin de poder mitigar o evitar algunos daños ambientales al momento de ejecutar la obra.

“Anexo 11: Identificación de impactos”

“Anexo 12: Fichas de manejo de impactos”

*Ilustración 22 Ejemplo de la identificación de impactos ambientales para el paisaje y el suelo
Tomada de: Autores*

Nombre:																		
Actividades de Obra	Impactos ambientales sobre el paisaje y suelo	MOVIMIENTOS DE TIERRA	NIVELACION DE TERRENO	CERRAMIENTO	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	EXCAVACIÓN	CIMENTACIÓN	FUNDICIÓN	OPERACIONES DE MAQUINAS	DESCARGA DE MATERIALES	CONSTRUCCIÓN	INSTALACIONES ELECTRICAS E HIDROSANITARIAS	ESTRUCTURAS METALICAS	ESTRUCTURAS DE CONCRETO	MAMPOSTERIA	ACABADOS	CUBIERTA	SEÑALIZACION (ASEO)
1	Interrupción de la visibilidad			x				x	x	x	x		x					
2	Disminución de la visibilidad			x				x	x	x	x		x					
3	Cambio de la estructura del paisaje	x	x		x	x					x		x					
4	Cambio en la fisionomía del paisaje	X	X		x	x					x							
5	Incremento y disminución de unidades paisajísticas	x			x	x					x							x
6	Cambio en la estética característica	x	x	x	x	x					x		x					x
7	Aumento de fenómenos de movimientos en masa	x							x	x			x					

Tabla 10 Ficha para mitigar el impacto ambiental
Tomada de: Autores

SUDS		
FICHA:	RECURSO:	FECHA:
1	Paisaje y Suelo	17.04.2022
IMPACTO	ACTIVIDAD (ES)	
Cambio de la estructura del paisaje	Movimiento de tierras, Nivelación de terreno, Descapote y limpieza, excavación, Construcción y estructuras metálicas	
OBJETIVO		TIPO DE ACTIVIDAD
Implementar un programa de manejo del paisaje para reducir su degradación y preservar los elementos para permitir mantener su valor como recurso.		Mitigatoria
MEDIDA DE MANEJO	MOMENTO DE IMPLANTACIÓN	INDICADOR DE SEGUIMIENTO Y CONTROL
<i>Apantallamiento u ocultación</i> Consiste principalmente en la instalación de barreras de construcción con materiales altamente reflectantes que además de reducir la percepción del área de los ojos a los usuarios que vayan pasando por la zona de construcción, ayudara a alertar a los automovilistas a través de materiales altamente reflectantes la zona de construcción, además que indicara que alrededor de esta barrera es una zona de alto peligro para cualquier usuario que no esté vinculado con la construcción	Se realizará alrededor de la construcción barreras de construcción, teniendo en cuenta estar en el borde de la construcción para que no hallan problemas con los peatones y tampoco se tengan inconvenientes dentro de la construcción	Estructura del paisaje antes VS Estructura del paisaje después

15. Conclusiones

- La viabilidad del proyecto muestra que teniendo un margen de error no mayor al 5% se sigue obteniendo valores positivos los que indican que se puede llevar a cabo con éxito, la información se encuentra dentro de los lineamientos en cuestión de tiempo, costos, valor planeado, desempeño y sobre todo el presupuesto con el que se inicia. Es decir, que este proyecto cumple técnicamente con todas las capacidades para desarrollarse satisfactoriamente.
- El sistema urbano de drenaje sostenible propuesto en el proyecto a utilizar dentro del municipio de Pacho. Mejorará la calidad de vida de los ciudadanos con respecto a las escorrentías e inundaciones que se encuentran en el lugar, optimizando los tiempos de drenaje, generando una reducción en la huella ecológica presentes en la zona de estudio.
- Al ser un sistema filtrante, ayudará a mejorar la calidad del ambiente y apoyando a que el sistema de desagüe no incurra en la frecuencia de mantenimientos concurrido, puesto que se reducirán los daños u obstrucciones con respecto a contaminación. Además de esto se aprovechará el tiempo de filtración, optimizando el tiempo de recargue de acuíferos, pozos subterráneos, etc.
- Para poder desarrollar un adecuado método financiero de un proyecto es de máxima importancia identificar todos los costos (directos e indirecto), debido a que, si se obvia alguno de estos, podría causar un desfase de capital que pudiera poner en peligro la finalización del proyecto.
- La viabilidad nos indica el límite y las restricciones que tenemos en este caso con un **50%** que se debería ejecutar solo se podría tener un margen de error del **2%**
- La utilidad en la elaboración de este proyecto es de **\$ 92.775.833,22 COP**, pero al ser un proyecto público, no pueden generar utilidades netas. Con el fin de aprovechar los recursos

financieros que se pueden utilizar, se pensó en una alianza público-privada, de forma que sea la parte privada, la encargada de administrar y operar las instalaciones del proyecto.

- El total del presupuesto de elaboración del proyecto es mucho mayor a la sumatoria de los costos, debido a que el presupuesto total se calculó con factores diferenciadores como lo son imprevistos, IVA, utilidad, supervisión y expediente técnico.
- La asociación Público-privada es la mejor opción que tiene la alcaldía, en incurrir la operación y el mantenimiento de las instalaciones, haciendo que sea un beneficio más a ambas partes, debido a que el lado privado se beneficiará administrando y la parte gubernamental queda eximida de este gasto operacional.
- El flujo neto de efectivo disponible del proyecto está directamente ligado a los porcentajes calculados de AIU, IVA, Supervisión, Liquidación y Expediente técnicos contemplados en el total de presupuesto de elaboración del proyecto.

16. Bibliografía

- Guarnizo, T. and Gonzalez, L. (2021) *PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS), EN EL BARRIO TAO (PACHO – CUNDINAMARCA)*.
- Alcaldía. (2019). *AGENDA AMBIENTAL 2020-2031 Perfil Ambiental y Plan de Acción* [PDF]. cota: Gina Marcela Peña Martínez y María Alejandra Granados. Obtenido de http://sigam.car.gov.co/pluginfile.php/5332/mod_resource/content/1/Agenda%20Ambiental%202019-2030%20%282%29.pdf
- Florez, L. (2018). *TIPOLOGÍA DEL SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) CON MEJOR ADAPTACIÓN A LAS CONDICIONES DE LA UNIVERSIDAD EL BOSQUE Y SU RELACIÓN HACIA LA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO SALITRE* [PDF]. Bogotá. Obtenido de https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3307/Florez_Cardozo_Luisa_Fernanda_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Comparación del año Pacho – meteoblue (2022). Recuperado el 26 de septiembre de 2022, obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/yearcomparison/pacho_colombia_3673424?daterangemonth=06&daterangeday=07&daterangeoffset=14&compare_years=&compare_years%5B%5D=2022&compare_years_low=&compare_years_low2=&domain=NEMSAUTO&min=2022-06-07&max=2022-06-20¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=temp2m¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=precip¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=&accumulate=0&utc_offset=-5&timeResolution=hourly&temperatureunit=CELSIUS&velocityunit=KILOMETER_PER_HOUR&energyunit=watts&lengthunit=metric°ree_day_type=10%3B30&gddBase=10&gddLimit=30
- Tiempo Pacho – meteoblue (2022). Recuperado el 26 de septiembre de 2022, obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/pacho_colombia_3673424?day=1

- digital, R. (2022). Pérdida de cultivos por fuertes lluvias en Pacho, Cundinamarca. obtenido de <https://portalnews.co/cundinamarca/perdida-de-cultivos-por-fuertes-lluvias-en-pacho-cundinamarca>
- Alcaldia. (2018). *AGENDA AMBIENTAL MUNICIPAL DE PACHO CUNDINAMARCA 2018* [PDF]. Pacho. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22161/Alem%C3%A1nMoralesCamila2019Anexo%204.pdf?sequence=9&isAllowed=y#:~:text=1.2.1%20Sucesos%20Ambientales%20En,sistema%20f%C3%ADsico%20del%20municipio%20y%20a>
- Gobierno. (2022). Lluvias en junio han impactado a 110 municipios del país. Obtenido de <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2022/Lluvias-en-junio-han-impactado-a-110-municipios-del-pais.aspx>
- Semana. (2022). Emergencia en Pacho, Cundinamarca, por desbordamiento de un río y varias quebradas. Obtenido de <https://www.semana.com/nacion/articulo/video-emergencia-en-pacho-cundinamarca-por-desbordamiento-de-un-rio-y-varias-quebradas/202239/>
- Infobae. (2022). Emergencia en Pacho, Cundinamarca, por desbordamiento del río Negro. Obtenido de <https://www.infobae.com/america/colombia/2022/05/12/emergencia-en-pacho-cundinamarca-por-desbordamiento-del-rio-negro/#:~:text=En%20la%20madrugada%20de%20este,Pacho%2C%20distintas%20zonas%20amanecieran%20inundadas>
- Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Pacho – meteoblue (2022). Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/pacho_colombia_3673424
- Archivo meteorológico Pacho - meteoblue. (2022). Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/pacho_colombia_3673424?fcstlength=1m&year=2022&month=6
- OEA. 3.1 Climatología. Recuperado el 26 de septiembre de 2022, obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea32s/ch13.htm>
- Meteolobios. (2022). Estación automática en línea. Recuperado el 26 de septiembre de 2022, de

<https://www.meteolobios.es/lluvia.htm#:~:text=La%20lluvia%20se%20mide%20en,%2C%20especialmente%2C%20la%20humedad%20atmosf%C3%A9rica.>

- Arriaga, P. (2022). La medida de la precipitación. Recuperado el 26 de septiembre de 2022, de <https://www.iagua.es/blogs/pedro-arriaga/medida-precipitacion>
- Avila, H., Sisa, A., Alba, T., & Avila, L. (2014). *ESTRATEGIAS PARA LA APLICACION DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA* [PDF]. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Leandro-Avila-2/publication/280576707_Estrategias_Para_La_Aplicacion_De_Sistemas_Urbanos_De_Drenaje_Sostenible_En_La_Ciudad_De_Barranquilla/links/5bcd7a6fdcc03c79b28b4/Estrategias-Para-La-Aplicacion-De-Sistemas-Urbanos-De-Drenaje-Sostenible-En-La-Ciudad-De-Barranquilla.pdf?origin=publication_detail
- Fernández, R. (2019). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad Mediterránea. Barcelona como ejemplo* [PDF]. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/328341/tema_2_codcom_325_codcot_296.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barahona, J. (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*” [PDF]. Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmficib224a/doc/bmficib224a.pdf>
- Bustos, S., & Sanchez, J. (2019). *PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN EL MUNICIPIO DE PACHO, CUNDINAMARCA* [PDF]. Bogotá. Obtenido de https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2602/Bustos_Colmenares_Santiago_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ramírez, P. (2018). *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE: CASO DE ESTUDIO PARQUE METROPOLITANO SAN CRISTÓBAL SUR* [PDF]. Bogotá Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/34722/u808396.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Guzmán, V. (2020). *Sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), caso de estudio: Avenida Manuela Sáenz, Ambato, Ecuador* [PDF]. Ecuador. Obtenido de <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/44090>
- SuDS Sostenible. (2022). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*. Recuperado el 26 de septiembre de 2022, de <http://sudsostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/>
- Alcaldía Pacho. (2000). *PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA EL MUNICIPIO DE PACHO* [WORD]. pacho Obtenido de http://oaica.car.gov.co/archivos/1393486204pbot_t_cnico.doc
- Caicedo, E. (2022) *Lluvias en Colombia se Han recrudecido en los últimos 10 años, El Tiempo*. El Tiempo. Available at: <https://www.eltiempo.com/amp/vida/medio-ambiente/lluvias-asi-han-aumentado-en-una-decada-las-precipitaciones-en-el-pais-682537>.
- Rey, M. (2022) <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/30889> | request PDF. Available at: https://www.researchgate.net/publication/347314835_httpsrepositoryustaeducohandle1163430889.
- (no date) *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. Available at: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/vertido-desbordamiento-sistema-saneamiento-dss/Vertidos-DSS-Sistemas-Urbanos-Drenaje-Sostenible-SUDS.aspx>.
- Morales, C. (2019) *Ubicación del municipio de Pacho, AGENDA AMBIENTAL MUNICIPAL DE PACHO CUNDINAMARCA 2018*. Available at: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22161/Alem%C3%A1nMoralesCamila2019Anexo%204.pdf?sequence=9&isAllowed=y>.
- Bustos, J. (2000) *PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA EL MUNICIPIO DE PACHO, PDF*. Alcaldía de Pacho. Available at: <https://repositorioidim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/14434/14509-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (2018) *50 Versión 1.0 Lineamientos para el diseño de sistemas urbanos de drenaje sostenible SUD, PDF*. Available at: <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/Lineamientos-PT-SUDS-V1-261218.pdf>.

- Núñez, S. (2020) *Tipos de precipitaciones - clasificación, nombres y características*, *ecologiaverde.com*. Ecologiaverde.com. Available at: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-precipitaciones-3086.html#:~:text=Moderadas%20cuando%20es%20de%202,superan%20los%2060%20mm%20Fh.>
- *Mapas Meteorológicos: Radar y satélite meteorológico en directo* (no date) *meteoblue*. Available at: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/mapas/pacho_colombia_3673424#coords=4/5.13/-74.16&map=windAnimation~rainbow~auto~10%20m%20above%20gnd~none (Accessed: February 14, 2023).
- Zonas de Colombia donde más llueve: En algunas cae 20 veces más agua que en Bogotá. (2022, 18 octubre). *Rcn Radio*. Recuperado 28 de enero de 2023, de <https://www.rcnradio.com/colombia/zonas-de-colombia-donde-mas-llueve-en-algunas-cae-20-veces-mas-agua-que-en-bogota-solo-rcn#:~:text=Mientras%20en%20Bogot%C3%A1%20llueve%20en,promedio%20anual%20en%20el%20mundo>
- Gazpio, J. (2015, 30 octubre). *Beneficios de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)*. iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/juan-gazpio/beneficios-sistemas-urbanos-drenaje-sostenible-suds>
- *Ventajas e inconvenientes*. (2013, 29 octubre). SuD Sostenible. <http://sudsostenible.com/ventajas-e-inconvenientes/>
- *Pacho en la region de Cundinamarca - Municipio y alcaldía de Colombia*. (s. f.). <https://www.municipio.com.co/municipio-pacho.html>
- *Welcome to the United Nations* (2016). Available at: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/9_Spanish_Why_it_Matters.pdf
- Oficina de Gestión Ambiental (OGA) (2022) *Sistemas Urbanos de Drenaje sostenible (SUDS) Contextualización, Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. Available at: <https://colibri.veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/2022-03/Contextualizaci%C3%B3n%20SUDS%20Contrucci%C3%B3n%20Rincon%20pptx.pdf>.

- Abellán, A. (2016, 18 julio). *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible versus Cambio Climático*. iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/cambio-climatico-y-suds>
- Gamez, M. J. (2022, 24 mayo). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- NUNEZ, C. (2017) ¿Qué son las inundaciones?, National Geographic. Available at: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/inundaciones>
- SANDOVAL, C.A. (2015) Casos exitosos de suds en Ciudades, Pavco Wavin. Available at: <https://pavcowavin.com.co/casos-exitosos-de-suds-en-ciudades-con-poblacion-alta-pocas-zonas-verdes-y-lluvias-intensas>
- WHITE, I. and ALARCON, A. (2009) *Planning policy, sustainable drainage and surface water management: A ...* Available at: https://www.researchgate.net/publication/233709682_Planning_Policy_Sustainable_Drainage_and_Surface_Water_Management_A_Case_Study_of_Greater_Manchester
- (Medidas en varillas de acero ¿cuál necesito? (2017, julio 13). MN Home Center; MN del Golfo. <https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/medidas-varillas-acero-necesito/>
- *Guía metodológica para la formulación e Implementación de Sistemas urbanos de drenaje sostenible* (2022) Inicio. Available at: <https://www.minvivienda.gov.co/guias/guia-metodologica-para-la-formulacion-e-implementacion-de-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible>.
- Bitajor (no date) *Constitucioncolombia.com, Constitución Política de Colombia*. Available at: <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-12/capitulo-5/articulo-366> (Accessed: 01 August 2023).

17. Anexos

- **Anexo 1: *Cálculos de vigas***

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gS9XGieURhbP0aJ8FTa-d8Ll0ClWJQuw/edit#gid=1162386735>

- **Anexo 2: *Procesos constructivos***

https://docs.google.com/spreadsheets/d/12Mzsw1cMJjC56YpEskWdHTJ0sd_92-rl/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true

- **Anexo 3: *Cantidades***

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WZMALMosjBbniRv8PFHffzD-h9FaL_N6/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true

- **Anexo 4: *Rendimiento por cuadrilla***

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1MqFQZiDjtqWyPRp_6tS5cEah1KzMOz_xk/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true

- **Anexo 5: *Rutas críticas***

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/19eoOqM0eslwqxYw69c7Dp0BmOAmyE45r/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true>

- **Anexo 6: *Cronograma***

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1iJDfV0UB1Du4i2Zj2hfxJM9_tR-0fwTg/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true

- **Anexo 7: *APU's***

https://docs.google.com/spreadsheets/d/13SdNuDmFz-edV_vzRXNAaxWTCxCB6HbX/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true

- **Anexo 8: *Presupuesto***

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1RpOz_fQLHVZTNo-HX30uUwP7-QiIb0Lr/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true

- **Anexo 9: *Curva S***

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1zNuRDUNijyGoEDTYulseeHE0ikvacADj/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true>

- **Anexo 10: *Flujo de caja***

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1EX9kJem-oQO1zsqJjarwT2t30yEL6TjS/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true>

- **Anexo 11: *Identificación de impactos***

<https://docs.google.com/document/d/1Pz7tndq0hCrah0kJvyxKdTgwkeFIIdRDI/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true>

- **Anexo 12: *Fichas de manejo de impactos***

<https://docs.google.com/document/d/14Al5eeqtjrJEnGW2RrrcmOM9JB2IYkHX/edit?usp=sharing&ouid=116774863581586608855&rtpof=true&sd=true>