

MT_P03_GUEVARA_G21

por Joel Guevara

Fecha de entrega: 27-sep-2021 12:40p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1658951610

Nombre del archivo: guevaralucinjoelmateo_7936_801172_MemoriaT_cnica-JoelGuevara.pdf (4.34M)

Total de palabras: 20524

Total de caracteres: 116184

2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Análisis y diseño de sistema de alcantarillado de aguas lluvias para el área de
Ingenierías del Campus Gustavo Galindo

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Joel Mateo Guevara Lucín

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

La dedicatoria va sin tabulación a la derecha y no deben pasar de una carilla.
En esta página se menciona a las personas o instituciones a las que se desea dedicar el producto final del trabajo.
Puede empezar de la siguiente manera:
El presente proyecto lo dedico a...
Esta parte es opcional.

AGRADECIMIENTOS

Los agradecimientos van sin tabulación a la derecha y no deben pasar de una carilla. Serán realizados a individuos o instituciones que no se mencionan en el documento y quienes han realizado importantes contribuciones para la consecución del trabajo. Puede empezar de la siguiente manera:
Mi más sincero agradecimiento a...
Esta parte es opcional.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*nombre de los participantes*) y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Joel M. Guevara Lucín

EVALUADORES

1 Ing. Luis Dávila Guamán
PROFESOR DE LA MATERIA

Ph.D. Mijail Arias Hidalgo
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Estas instrucciones servirán de guía para la preparación de los trabajos que se presentarán como requisito en el proceso de graduación de la Materia Integradora de la Unidad Académica. El resumen deberá contener entre 150 a 250 palabras, incluyendo los siguientes cuatro componentes, descritos de forma concisa, comprensible y **redactado en estilo impersonal**: 1) se empieza con una breve introducción, objetivos, hipótesis y justificación del proyecto descrito en **tiempo presente**; 2) un párrafo del desarrollo del proyecto, donde se describirán brevemente los materiales, equipos, técnicas, normas etc. utilizadas en el proyecto. Esta sección se redacta en **tiempo pasado**; 3) otro párrafo de resultados donde se describen de forma concisa los resultados escritos en **tiempo pasado**; 4) finalmente, se presentan las conclusiones generales del proyecto en **tiempo presente**. Además, deberá incluir al menos 4 palabras clave al final del documento. Todo el resumen se presentará en un sólo cuerpo. Utilice el contador de palabras del procesador de texto para asegurarse del tamaño del documento.

Palabras Clave: Formato, Proyecto Integrador, etc. (Mínimo 4 y máximo 5 palabras)

ABSTRACT

Use english to write the same as described before in the Resumen. Use cursive fonts in this section.

Keywords:

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	5
RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	I
SIMBOLOGÍA	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE PLANOS	V
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
2 Descripción del problema	2
1.3 Justificación	2
1.4 Información básica	3
1.4.1 Ubicación geográfica	3
1.4.2 Topografía	4
1.4.3 Geología	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos	5
1.6 Preguntas Ingenieriles o de Diseño	5
1.7 Marco teórico	5
1.7.1 Alcantarillado pluvial	5
1.7.2 Conceptos básicos	6
1.7.3 Soluciones basadas en la naturaleza	9
1.8 Plan de trabajo	11
CAPÍTULO 2	13
2. METODOLOGÍA	13
2.1 Formulación, descripción y selección de alternativa óptima	13
2.1.1 Descripción de parámetros	13
2.1.2 Descripción de zonas	14
2.1.3 Selección de soluciones	15
2.2 Información técnica necesaria	16

2.2.1	Datos hidrológicos	16
2.2.2	Datos hidráulicos.....	19
2.3	Simulación de modelo Lluvia-Escorrentía	24
2.3.1	Software SWMM	24
CAPÍTULO 3	26
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	26
3.1	Simulación de modelo Línea Base (Business as Usual)	26
3.1.1	Consideraciones de diseño del modelo Línea Base	26
3.2	Diseño de soluciones LID	30
3.2.1	Barril de lluvia	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	Jardín de lluvia	31
3.2.3	Zanja de infiltración.....	32
3.2.4	Cuneta de bioretención.....	33
3.2.5	Adoquín permeable	34
3.3	Implementación de soluciones.....	36
3.4	Análisis de resultados.....	37
3.5	Presupuesto	Error! Bookmark not defined.
CAPÍTULO 4	43
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	43
4.1	Objetivos	43
4.2	Descripción del proyecto.....	44
4.2.1	Ubicación del proyecto	44
4.2.2	Tipo de estudio	44
4.3	Línea Base	45
4.3.1	Medio físico	45
4.3.2	Medio biótico.....	46
4.3.3	Medio socioeconómico.....	47
4.4	Actividades del proyecto	47
4.5	Identificación de impactos ambientales	48
4.6	Valoración de impactos ambientales	49
4.7	Medidas de prevención/mitigación	53
4.8	Conclusiones y Recomendaciones de Estudio de Impacto Ambiental	53
CAPÍTULO 5	55
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1	Conclusiones.....	59
5.2	Recomendaciones	60

BIBLIOGRAFÍA	61
Bibliografía	61
ANEXOS – EVALUACIÓN IMPACTO AMBIENTAL	65
ANEXOS - APUS	81

1

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
SSC	Electrodo de Plata Cloruro de Plata
CSE	Electrodo de Cobre Sulfato de Cobre
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
CIS	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido
MPY	Milésimas de pulgadas por año

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Vista en planta de Zona de Estudio en Campus Gustavo Galindo... Error! Bookmark not defined.	
Figura 1.2 - Vista satelital de Zona de estudio en Campus Gustavo Galindo.....	4
Figura 1.3 - Plan de Trabajo (Autor)	12
Figura 2.1 - Mapa de Microcuencas en Área de Ingenierías (Elaboración: Autor)	17
Figura 2.2 - Curva IDF para periodo de retorno 10 años para la estación M056 Aeropuerto Guayaquil.....	18
Figura 2.3. Número de curva para áreas urbanas	19
Figura 2.4. Número de curva para zonas agrícolas	19
Figura 2.5. Valores del coeficiente de escurrimiento (Aparicio Mijares, 1993)	21
Figura 2.6. Valores de coeficiente de escorrentía teóricos (Rubio Ramírez, 2021) ...	21
Figura 2.7. Factores de corrección para coeficientes de escorrentía	22
Figura 2.8 – Distribución de AALL vigente en Campus Gustavo (Autores)	24
Figura 3.1- Precipitación acumulada vs Intervalo de tiempo de Lluvia típica con T=10años	26
Figura 3.2. Microcuencas del área de estudio	28
Figura 3.3. Esquema de implantación de Conductos en AALL	29
Figura 3.4. Ubicación de nodos de conducción en AALL	30
Figura 3.5. Parámetros SWMM del Barril de lluvia.....	31
Figura 3.6. Parámetros SWMM del Jardín de lluvia parte 1	32
Figura 3.7. . Parámetros SWMM del Jardín de lluvia parte 2.....	32
Figura 3.8. . Parámetros SWMM del Campo de Infiltración parte 1	33
Figura 3.9. Parámetros SWMM del Campo de Infiltración parte 2	33
Figura 3.10. Parámetros SWMM de Cuneta de Bioretención parte 1	34
Figura 3.11. Parámetros SWMM de Cuneta de Bioretención parte 2.....	34
Figura 3.12. Parámetros SWMM de Cuneta de Bioretención parte 3.....	34
Figura 3.13. Ubicación de soluciones en zona de estudio	37
Figura 3.14. Microcuencas en Zona de estudio	38
Figura 3.15. Escorrentía superficial máxima desarrollada en cada Microcuenca	40
Figura 3.16. Comparación de escorrentía máxima entre modelo Base y Modelo con Soluciones verdes	40
Figura 3.17. Reducción porcentual de escorrentía causada por soluciones verdes ..	41
Figura 3.18. Relación entre reducción porcentual de escorrentía y su área utilizada	42
Figura 3.19. Comparación entre la capacidad de drenaje en MBU y MBU+ LID	42
Figura 4.1. Ubicación del área de estudio dentro del Campus Gustavo Galindo.....	44
Figura 4.2. Clasificación del proyecto según SUIA	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Coordenadas del campus Gustavo Galindo [Fuente: propia].....	3
Tabla 2-1 - Intensidad máxima en función de tiempo y periodo de retorno	23
Tabla 3-1. Caudales de entrada al sistema AALL para dos periodos de retorno.....	27
Tabla 3-2. Coeficientes de Manning utilizados para corregir rugosidad de canal principal.....	29

1

ÍNDICE DE PLANOS

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Desde el año 1992, la ciudad de Guayaquil empezó a emprender un proceso de evolución urbana, a través de diversas obras: pasos a desnivel, túneles, mejoramiento de calles, ampliación de vías, rediseño y construcción de parques, malecones, entre otras (Chauvet, 2005).

El desarrollo urbano relacionado al crecimiento poblacional crea la necesidad de construir dichas infraestructuras, en extensiones de tierra disponibles y aprovechar las áreas existentes (Oueslati et al., 2015). A pesar de reflejar el progreso de la ciudad, se conoce que las obras de urbanización inducen al entorno a sufrir transformaciones en su paisaje, destruyendo la cobertura de vegetación local y aumentando las superficies impermeables , (Huq & Abdul-Aziz, 2021).

Es importante destacar que el riesgo a inundaciones conforme avanza la urbanización, como consecuencia de la exposición de los habitantes al cambio de uso del suelo y la alteración de la hidrología del lugar, por lo cual se requiere elaborar planes de acción para el manejo y control de inundaciones futuras (Zope et al., 2016). Particularmente, el proceso lluvia-escorrentía debe ser analizado con el fin de no sobrecargar los sistemas de drenaje pluvial. De esta manera, se evita el incremento de volumen y velocidad de la escorrentía en las partes bajas del sistema de alcantarillado (Wang et al., 2021), (Jeníček, 2006).

En el mes de marzo del 2021, Guayaquil sufrió inundaciones en distintos sectores de su urbe, esto evidenció la deficiencia en los sistemas de alcantarillado pluvial puesto que las alcantarillas colapsaron a causa de lluvias con alta duración e intensidad (Yépez, 2021). Por consiguiente, se requiere evaluar los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias para determinar las mejoras a implementar. De tal manera que se pueda controlar, contener y aprovechar la precipitación y posterior escorrentía superficial.

1.2 Descripción del problema

El Campus Gustavo Galindo Velasco de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, inaugurado en 1991, experimenta su temporada de lluvias entre los meses de enero y mayo. Hasta la actualidad, la operatividad del sistema de alcantarillado pluvial ha sido afectada por factores tales como: creación y ampliación de edificios; deficiencia en el mantenimiento de canales y el cambio del uso de suelo ligado a la construcción de infraestructuras de circulación. Esto ha generado inconvenientes en el desarrollo normal de actividades académicas a causa del colapso parcial de la red de alcantarillado de aguas lluvias.

La Gerencia de Infraestructura de ESPOL, de acuerdo con los inconvenientes generados por el funcionamiento del sistema de aguas lluvias, requiere conocer el estado actual de dicha distribución bajo las condiciones que se presentan en el presente, con el fin de evaluar las posibles mejoras al sistema e implementar las soluciones más convenientes de acuerdo con parámetros topográficos, ambientales y económicos.

1.3 Justificación

En el país, desde el año 1992, se ha aplicado disposiciones establecidas en la norma CPE INEN 5 para nuevos diseños de sistemas de drenaje pluvial. Sin embargo, debido a la actualización de normas, métodos de diseño y mejoras en sistemas a causa de nuevas investigaciones, es necesario evaluar el funcionamiento y capacidad del alcantarillado de aguas lluvias vigente bajo nuevos estándares de diseño, con el objetivo de incrementar su eficiencia hidráulica y disminuir posibles impactos socioeconómicos.

El alcantarillado de aguas lluvias existente en el campus ESPOL Prosperina fue diseñado hace más de 30 años, bajo condiciones diferentes a las actuales. Los nuevos paradigmas implican cambios en los patrones de construcción y urbanización, alteraciones geográficas de las microcuencas, variaciones climáticas, y típica carencia en mantenimiento de canales artificiales.

1.4 Información básica

1.4.1 Ubicación geográfica

El Campus "Gustavo Galindo Velasco" de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) se encuentra en una zona alta al noroeste en la periferia de la ciudad de Guayaquil. Este campus se encuentra en el bosque protector La Prosperina, en las coordenadas:

Tabla 1.1 Coordenadas del campus Gustavo Galindo [Fuente: propia]

PUNTO	ESTE	NORTE
A	614600	9763200
B	616000	9763200
C	614600	9762200
D	616000	9762200



**Figura 1.1 - Vista satelital de Zona de estudio en Campus Gustavo Galindo
(Plataforma Google Earth. Elaboración: El autor)**

1.4.2 Topografía

La Gerencia de Infraestructura facilitó información topográfica que contempla lo siguiente:

- a) Curvas de nivel generadas por drones
- b) Ortofoto del Campus Gustavo Galindo

1.4.3 Geología

El área de estudio presenta estratos rocosos de la formación Cayo. Dichos estratos contienen silicificados duro de lutitas, limolitas y areniscas de grano fino. Existen capas de material meteorizado con espesor entre 0.15 y 0.60 metros, constituida por capas superficiales de arcillas finas; y depósitos aluviales de suelo arcilloso.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Mejorar el diseño del sistema de aguas lluvias del área de economía y un sector de las ingenierías del Campus Gustavo Galindo ESPOL mediante análisis hidrológico, hidráulico

e identificación de zonas inundables, tomando en cuenta aspectos de sostenibilidad ambiental, control y gestión de recursos hídricos para la minimización de riesgos asociados a inundaciones.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar el sistema de alcantarillado existente mediante su modelación utilizando el programa Storm Water Management Model (SWMM), para la determinación de la máxima cantidad de escorrentía producida por las microcuencas del área de ingenierías y posterior evaluación de la capacidad de drenaje de los canales.
2. Determinar el sistema más idóneo a través de análisis hidrológico, hidráulico e identificación de zonas inundables optimizando la infraestructura y el uso de suelo actual.
3. Rediseñar el sistema de alcantarillado pluvial, mediante la elaboración de planos de diseño, memoria técnica, análisis ambiental y especificaciones técnicas, con su debido presupuesto referencial.

1.6 Preguntas Ingenieriles o de Diseño

¿Qué infraestructuras complementarias serían factibles de implementar para lograr el incremento de la eficiencia de un sistema de aguas lluvias sin redimensionar su estructura?

¿Cómo mejoran los diseños de infraestructuras complementarias la eficiencia del sistema de aguas lluvias?

¿Cuál es el comportamiento de las propiedades hidráulicas del sistema de aguas lluvias sin infraestructura complementaria, con respecto al mismo sistema con infraestructura complementaria?

1.7 Marco teórico

1.7.1 Alcantarillado pluvial

El sistema de alcantarillado de aguas lluvias es una red de tuberías y canales utilizadas para conducir la escorrentía de una zona particular hacia un cuerpo receptor de agua. El diseño de dicha configuración engloba la determinación de diámetros, dimensiones y pendientes de cada tramo del sistema. Por consiguiente, es necesario desarrollar

predicciones del proceso lluvia-escorrentía a partir de la información hidrológica del lugar, y conocer las restricciones ligadas a la zona de estudio (Ven Te Chow & Maidment, 1994)

3

1.7.1.1 Elementos del sistema de aguas lluvias

Dentro del sistema del de aguas lluvias se encuentran elementos que se dividen según la función que cumplen. Teniendo así, los principales elementos a continuación (Cabrera, 2013):

- Estructuras de Captación: En los sistemas pluviales existen estructuras de captación tales como los sumideros, estos llevan rejillas para que solo el agua pueda fluir hacia el sistema, y así evitar que objetos entren y obstaculicen el flujo. (Gehrels et al., 2016)
- Estructuras de Conducción: Las estructuras conducen el flujo del agua precipitada hacia puntos de desfogue o algún otro destino final. Estos conductos son generalmente cerrados teniendo tramos abiertos, los cuales sirven como estructuras de captación. (Bateman, 2007).
- Estructuras de Conexión y Mantenimiento: Estas estructuras ayudan a poder realizar el mantenimiento del sistema, y a su vez facilita poder realizar las conexiones a la red de alcantarillado. (Sörensen & Emilsson, 2019a)
- Estructuras de Vertido: El objetivo principal de los elementos es evitar daños que se pueden dar al final de la red de alcantarillado, protegiendo y evitando que agentes extraños irrumpan en la descarga final. (Comisión Estatal de Aguas, 2011).

1.7.2 Conceptos básicos

1.7.2.1 Inundaciones

Las inundaciones son caudales relativamente elevados que superan la capacidad de los canales naturales o artificiales elaborados para conducir escorrentía. (Balasubramanian, 2005)

Los daños causados por las inundaciones perjudican la salud y propiedades de la gente, infraestructura pública y privada, así como ecosistemas y actividades económicas (Messner & Meyer, 2006) .

Mediante la ejecución de acciones para disminuir, controlar o mitigar el daño de inundaciones, la gestión de riesgos de inundaciones toma parte en tres diferentes niveles: operacional, donde se asocia con la operatividad del sistema existente; planeación de

proyectos, aplicados en nuevos proyectos; y revisión de proyectos existentes, donde se analiza la solución óptima a aplicar (Plate, 2002).

Análisis de efectos de urbanización en la escorrentía anual reflejan que la integración de distribuciones del uso de tierra cambiantes puede ser aprovechadas para la gestión de cuencas, planeación de recursos hídricos y desarrollo sustentables, dada la relación lineal entre el aumento de superficies impermeables con el aumento de las inundaciones en la misma área (Du et al., 2012).

También se ha considerado el modelamiento y posterior instalación de sistemas de drenaje urbano sustentables (SUDS), resultando en el efecto positivo sobre el entorno urbano. De esta manera, se mitiga en gran medida los impactos adversos del cambio climático. (Semadeni-Davies et al., 2008)

1.7.2.2 Precipitación

La precipitación es la principal fuente de agua en la superficie terrestre y forma parte del ciclo hidrológico (Aparicio Mijares, 1993).

La intensidad de precipitación es una función que indica la severidad de precipitación según su ubicación geográfica, duración de lluvia y la frecuencia de excedencia (Thompson, 2006). De forma gráfica, se representa a través de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) (Guachamín et al., 2015).

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde

I : intensidad de precipitación $\left[\frac{mm}{h}\right]$

T : periodo de retorno

t : duración de lluvia [min]

K, m, n : parámetros de regresión

Para el presente estudio se empleará las ecuaciones generadas por el INAHMI, producto de un análisis estadístico del historial de precipitación equivalente a 19 años, medido por la estación meteorológica M0056 (Guayaquil-Aeropuerto).

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{135,7748 * T^{0,2169}}{t^{0,3063}}; 5 < t < 30 \\ \frac{203,0259 * T^{0,2169}}{t^{0,417068}}; 30 \leq t < 120 \\ \frac{1113,4537 * T^{0,2169}}{t^{0,779}}; 120 \leq t < 1440 \end{array} \right.$$

1.7.2.3 Infiltración

Es la penetración del agua a través de la superficie del suelo. Existen diversas condiciones que influyen al proceso de infiltración: distribución espacial del suelo, propiedades de la superficie terrestre, aire atrapado en poros, variaciones de temperatura. (Nimmo, 2009) La capacidad de infiltración es la velocidad a la cual el suelo es capaz de absorber agua dada una determinada condición. Cuando el suelo recibe precipitación, su capacidad de infiltración disminuye hasta que la cantidad de precipitación le supera, ocurriendo la escorrentía superficial. (Cheremisinoff, 1997)

Existen diversos modelos de infiltración, se presentan varios a continuación:

Green-Ampt: es una simplificación del proceso de infiltración donde el perfil de suelo es homogéneo y existe una distribución uniforme inicial de contenido de agua en el suelo. El modelo la presencia de encharcamiento en el perfil de suelo, la cual separa una zona saturada de la zona insaturada. (Heber Green & Ampt, 1911)

SCS-CN: estima el escurrimiento promedio a través de la precipitación y la retención máxima potencial de agua del suelo, siendo esta última obtenida indirectamente mediante el número de curva correspondiente al suelo. (USDA, 1986)

El número de curva representa a la combinación del efecto del suelo, las características de la cuenca hidrológica y el uso del suelo. (USDA, 1989). La asignación del número de curva requiere identificar el grupo hidrológico del suelo: A, B, C o D.

Grupo A: tienen bajo potencial de escorrentía capacidad de escurrimiento cuando están húmedos. El agua se transmite libremente a través del suelo. Típicamente su contenido de suelo es menor a 10% de arcilla y mayor a 90% de arena y gravas.

Grupo B: tienen moderadamente bajo potencial de escorrentía capacidad de escurrimiento cuando están húmedos. La transmisión del agua no es obstaculizada. Típicamente su contenido de suelo está es 10-20% de arcilla y 50-90% de arena.

Grupo C: tienen moderadamente alto potencial de escorrentía capacidad de escurrimiento cuando están húmedos. Típicamente su contenido de suelo es 20-40% de arcilla y menor a 50% de arena, algunos suelos contienen más de 35% de fragmentos rocosos.

Grupo D: tienen alto potencial de escorrentía capacidad de escurrimiento cuando están húmedos. El movimiento del agua a través del suelo es restringido. Típicamente su contenido de suelo es mayor al 40% de arcilla y menor a 50% de arena y texturas de arcilla. (USDA, 2007)

1.7.3 Soluciones basadas en la naturaleza

Los sistemas de drenaje diseñados para gestionar los riesgos ambientales causados por la escorrentía urbana y que contribuyen al desarrollo ambiental son conocidos por las siglas SUDS, estos buscan replicar el drenaje natural existente previo a la urbanización de un sector, trabajando íntegramente con los sistemas de alcantarillado convencionales y aumentan la biodiversidad de especies vegetales.(Woods-Ballard et al., 2007)

La infraestructura verde reduce y trata las aguas pluviales al mismo tiempo que brinda beneficios ambientales, sociales y económicos. Cuando la lluvia cae en áreas naturales no desarrolladas, el agua es absorbida y filtrada por el suelo y las plantas.(Sörensen & Emilsson, 2019b). La infraestructura verde utiliza vegetación, suelos y otros elementos y prácticas para restaurar algunos de los procesos naturales necesarios para administrar el agua y crear entornos urbanos más saludables. (Grandal, 2019)

A escala urbana, la infraestructura verde está compuesta de áreas naturales que proporcionan hábitat, protección contra inundaciones, aire más limpio, reducción del efecto de “islas de calor”, confort ciudadano, y agua más limpia. A una escala más reducida, como para un vecindario, los sistemas de gestión de aguas pluviales que imitan la naturaleza absorben y almacenan agua. (Hagekhalil et al., 2014)

1.7.3.1 Pavimentos Permeables

Este tipo de pavimento es un sistema de capas que gestiona el agua proveniente de la lluvia, infiltrándola hacia el suelo de la subbase, almacenándola durante dicho proceso.(Kabir et al., 2014)

Los pavimentos permeables fueron concebidos con el fin de que el tiempo de concentración del agua precipitada aumente mediante la infiltración de la misma, facilitando el amortiguamiento de la inundación al ser almacenada. (Te Chow, Maidment, & Mays, 1994) Es recomendable en zonas donde el nivel de almacenamiento esté muy por encima del nivel freático, y en zonas donde la pendiente no sea tan pronunciada(Calaza Martínez, 2019).

1.7.3.2 Jardines de lluvia (*rain gardens*)

Son zonas depresivas de paisaje con flores y vegetación nativa, que absorben el agua de lluvia y la filtran a través del suelo en lugar de permitir su llegada directa al drenaje pluvial. Se encuentran localizadas estratégicamente para captar escorrentía superficial de superficies impermeables. Los jardines de lluvia tienden a ser más importantes conforme el desarrollo urbano es mayor, puesto que se requiere reducir la escorrentía superficial y al mismo tiempo agua de calidad. (NRCS, 2005)

1.7.3.3 Barriles de lluvia (*rain barrel*)

Es un sistema que colecta y almacena el agua lluvia proveniente del techo evitando que entre directamente en el drenaje pluvial. Usualmente está constituido por un barril de 55 galones, una malla anti-insectos y accesorios PVC para conducir el agua.

Una de las funciones principales de este es proveer de una fuente alternativa de agua para periodos de sequía. (EPA, 2009)

1.7.3.4 Cuneta de bio-retención (*bioswales*)

Son sistemas de conducción de escorrentía que proveen una alternativa a las alcantarillas de agua lluvia convencionales. Consta de dos capas: la primera está formada por plantas nativas y pastos que filtran los contaminantes, la segunda es una subrasante constituida por suelo graduado y poroso, o agregado grueso. Finalmente, ambas capas están limitadas por una geomembrana que impermeabiliza el fondo de la cuneta (canal) para conducir el flujo de agua. (United States Department of Agriculture, 2007)

1.7.3.5 Techo verde (*green roof*)

Es un sistema multicapa constituido por vegetación, mezcla de suelo liviano, filtro de separación suelo-techo, barrera de raíces. Tiene varias funciones, donde destacan: su influencia en el confort interior de los edificios puesto que otorga frescura en épocas cálidas; y, retiene el calor en épocas frías. También almacena el agua lluvia y la limpia a través de sus filtros, retardando el agua que se dirige a los drenajes. (Theodosiou, 2009)

1.7.3.6 Campo de infiltración (Infiltration trench)

Es una zona de almacenamiento subterráneo llena de grava limpia o rocas. Su construcción se realiza para almacenar temporalmente la escorrentía de tormentas e infiltrarlas al suelo subyacente.(Chahar et al., 2012)

1.8 Plan de trabajo

La estructura de trabajo propone procesar la información recibida de la Gerencia de Infraestructura para identificar la zona de estudio y sus características morfológicas. A continuación, el levantamiento, recopilación y depuración de datos asociados al sistema de alcantarillado actual busca preparar los datos de entrada para ejecutar una simulación base. Posterior, el modelamiento del sistema de drenaje utilizando el software *Storm Water Management Model* (SWMM) permitió evaluar su estado actual e identificar aquellas zonas críticas, para concluir simulando un nuevo modelo donde fue aplicado un paquete de soluciones complementarias. Finalmente, se elaboraron planos de levantamiento y localización; y el presupuesto de aquellas propuestas presentadas (Figura 1.3).

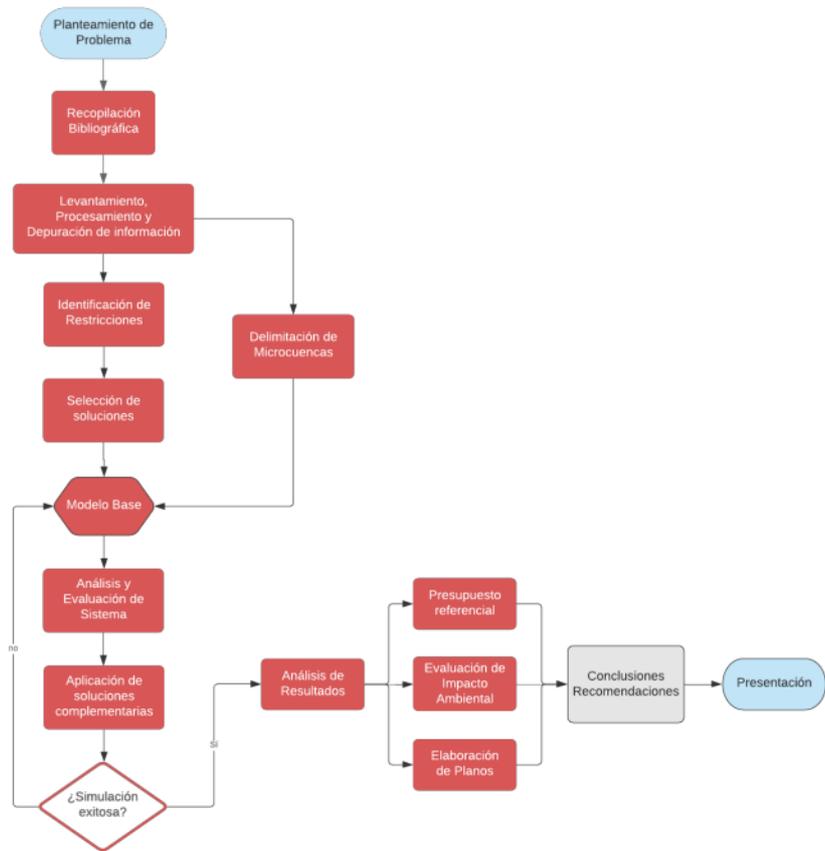


Figura 1.2 - Plan de Trabajo (Autor)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Formulación, descripción y selección de alternativa óptima

2.1.1 Descripción de parámetros

2.1.1.1 Características técnicas

Se estableció dos parámetros relevantes para el uso de suelo: la *velocidad de infiltración* y la *capacidad de almacenamiento*. La velocidad de infiltración se encuentra ligada con la permeabilidad de la capa de suelo o material del que está formado la solución. La capacidad de almacenamiento consiste en la habilidad para retener un determinado tiempo al agua antes de que este desfogue, usualmente posterior a la precipitación.

2.1.1.2 Características económicas

Como características económicas, se consideran los costos de *construcción, operación y mantenimiento*. Dichas características limitan a un proyecto en tal medida que son predominantes para la realización o cancelación de este, debido a la importancia en montos del presupuesto.

2.1.1.3 Características sociales

Se evaluó el impacto en el paisajismo que tuvo la solución, así como el *confort* que brindó el proyecto a los estudiantes, docentes y personal de servicio. Como último punto, se consideró la funcionalidad de este, es decir, los distintos usos a los cuales destinarse la obra en cuestión.

2.1.1.4 Características ambientales

Todo proyecto de ingeniería provoca cambios en el entorno de un área determinada, siendo necesario evaluar su impacto ambiental para así determinar las medidas a ejecutar en caso de ser negativo. Por otro lado, la biodiversidad vegetal y animal como consecuencia de la implementación de la obra fue considerada como característica ambiental.

2.1.1.5 Características legales

La implementación de un proyecto se condiciona por el área disponible y cómo esta se emplea, siendo necesario evaluar la disponibilidad de *espacio* para evitar cambios en etapas finales de la obra. Así mismo, el cambio en el *uso de suelo* representaría inconvenientes en la planificación futura de una determinada zona en desarrollo.

2.1.1.6 Cuantificación de características

Se empleó la escala de Likert para convertir un suceso no medible en cuantificable a través de la designación de valores numéricos a características determinadas por el diseñador del proyecto. Esta escala fue aplicada a todas las zonas en las que se subdividió el área de estudio.

En este trabajo se estableció una escala de 5 valores. Una vez determinadas las características, se les asignó 5 niveles de importancia y un peso por nivel. Los valores según la importancia se encuentran a continuación:

- 1.- Muy desfavorable
- 2.- Desfavorable
- 3.- Indiferente
- 4.- Favorable
- 5.- Muy favorable

Posteriormente, se sumó los valores de cada característica para conocer la preevaluación de las soluciones.

2.1.2 Descripción de zonas

2.1.2.1 Zona 1: ICM-Sweet & Coffee

Caracterizada por encontrarse en el punto más bajo del área de Ingenierías, es en este lugar donde en la época invernal se presentan los problemas de inundación. El agua rebasa la altura de los canales, los canales se intersecan entre sí en esta zona de tal manera que se forma el efecto cuello de botella y la infiltración a través de la superficie adoquinada se reduce hasta que la capacidad del suelo para infiltrar es nula.

2.1.2.2 Zona 2: FCNM

Presenta bloques de aulas rodeadas por caminos adoquinados y colinda con un talud de tierra que separa esta zona con la biblioteca de ingenierías. En época invernal se recibe escorrentía superficial originaria de esta zona contigua, siendo la causa de un historial leve de presencia de agua dentro de las aulas en las plantas bajas. Posee casi nula presencia de áreas verdes.

2.1.2.3 Zona 3: Laboratorios FCNM

Zona contigua al canal principal del sistema AALL y la zona boscosa principal dentro del área de ingenierías del campus Gustavo Galindo. No posee historial de inundación pese a presentar grandes extensiones de sectores impermeables.

2.1.2.4 Zona 4: FCSH

Zona contigua al canal principal del sistema AALL y los laboratorios de FCNM, se encuentra dentro de una zona con baja elevación. Presenta alto tránsito peatonal a través de sus caminos adoquinados y pavimentados.

2.1.2.5 Zona 5: Celex

Esta zona recibe directamente la escorrentía superficial proveniente de dos microcuencas cruciales para el estudio. En época invernal el caudal es dirigido a través del canal principal del sistema de alcantarillado, sin embargo, parte de este afecta directamente al bloque de aulas debido a la extensión de suelo impermeable ligada a la presencia de adoquín.

2.1.2.6 Zona 6: Postgrados FCSH

Área sin antecedentes de problemas por el agua lluvia que dispone gran extensión de áreas verdes en la zona alta del bloque de oficinas y aulas. Consta de un parqueadero elaborado con pavimento rígido que dirige la escorrentía directamente hacia un canal triangular conectado directamente a la salida del sistema de alcantarillado.

2.1.2.7 Zona 7: Rectorado y Biblioteca

Es el sector más elevado del área de estudio, constituido principalmente por áreas impermeables de adoquín y pavimento rígido. Dispone de canales abiertos que encauzan el flujo de agua hacia la zona del ICM y Sweet & Coffee. Posee espacios dedicados a césped, pero inclinados con dirección a los canales abiertos secundarios del sistema AALL.

2.1.3 Selección de soluciones

En primera instancia se empleó el método de la matriz de Likert para realizar una preevaluación de las soluciones más convenientes a aplicar. Determinadas zonas del área de estudio, dando como resultado las siguientes combinaciones.

Tabla 2.1. Matriz de Likert con soluciones por cada zona

	FCSH	POSTGRADOS FCSH	LAB FCNM	CELEX	BASICO VIEJO	ICM - S&C
Jardín de lluvia	X	X	X	X	X	X
Barril de lluvia	X	X	X	X	X	X
Campo de infiltración				X	X	

Posteriormente, se consideró una solución adicional que aumenta la infiltración y reduce la escorrentía superficial: el adoquín permeable. Esta se ubicó en aquellos sectores dedicados netamente al paso peatonal para su evaluación de desempeño mediante un modelo lluvia-escorrentía.

2.2 Información técnica necesaria

2.2.1 Datos hidrológicos

2.2.1.1 Microcuencas

La delimitación de microcuencas hidrográficas del área de estudio se realizó empleando un software de información geográfica. Este proceso es básico para el consiguiente análisis hidrológico. Su identificación provee información referente al área de aportación correspondiente a cada punto de descarga, volumen de escorrentía superficial generada por precipitación y dependiendo del estudio, cantidad de agua infiltrada en una superficie. Para delimitar las microcuencas es imprescindible disponer de información topográfica. Esta información, presente mediante cotas de terreno captadas con drones, se rectificó a través de un software CAD, puesto que en zonas con presencia de árboles la cota de cada copa de árbol fue considerada como cota de terreno. Posterior a esto, se delimitó las microcuencas a través de la manipulación de la topografía del área de estudio e identificando los cauces principales. Como resultado, se presentan las microcuencas hidrográficas mediante un mapa (Figura 2.1).

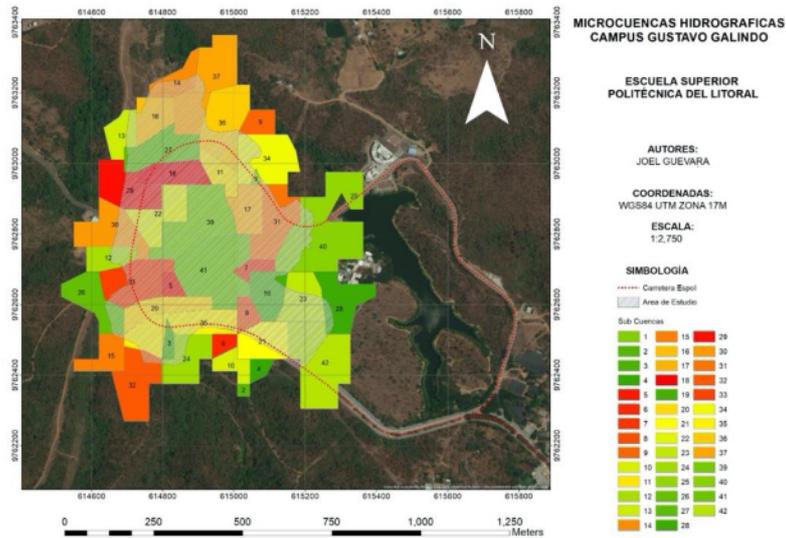
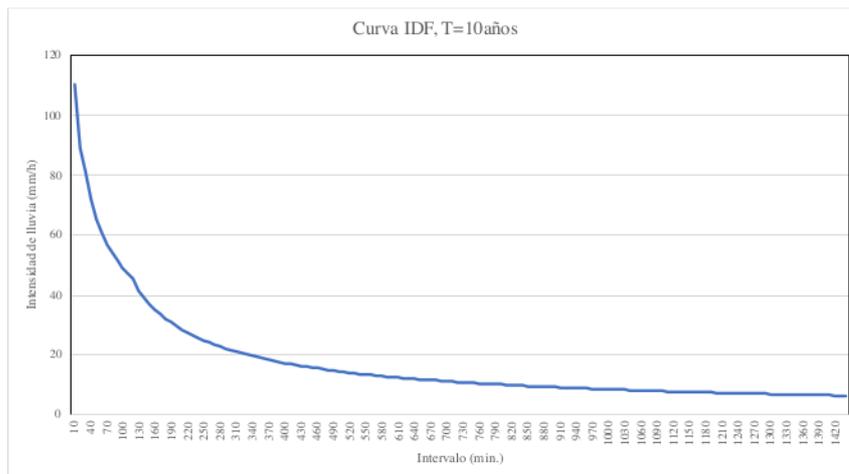


Figura 2.1 - Mapa de Microcuencas en Área de Ingenierías (Elaboración: Autor)

La zona de estudio, presentada en el mapa previo, fue subdividida por 44 microcuencas con superficies máximas de 3 Ha para mejorar la comprensión y estimación de características de esta.

2.2.1.2 Precipitación

El cantón Guayaquil posee la estación meteorológica M0056 (Guayaquil-Aeropuerto), con la cual el INAHMI realizó un análisis de precipitación de 19 años y determinó curvas Intesidad-Duración-Frecuencia representativas para la ciudad. En este estudio se empleó principalmente la información asociada al periodo de retorno de 10 años. A continuación se presenta la curva IDF para dicho periodo (Figura 2.2).



**Figura 2.2 - Curva IDF para periodo de retorno 10 años para la estación M056
Aeropuerto Guayaquil**

Luego de conocer la curva IDF, se seleccionó los valores de intensidad y precipitación asociados a la duración de lluvia típica en Guayaquil, 3 horas con 40 minutos, es decir 220 minutos, en base al proyecto RESCLIMA en Durán (Arias-Hidalgo & Matamoros et. al., 2020).

Periodo de retorno T	Intensidad de lluvia [mm/h]	Precipitación [mm]
5	23,6	86,7
10	27,5	100,7
25	33,5	122,9
50	38,9	142,8

2.2.1.3 Infiltración

La estimación del proceso de infiltración de las microcuencas se realizó utilizando el método del Número de Curva (CN). Cada microcuenca fue segmentada según los usos de suelo más representativos: presencia de árboles, pavimentado, edificado, superficies de concreto, tierra y césped. Luego fueron designados los números de curva correspondientes considerando el cruce con el grupo hidrológico de suelo C en base a los presentados en Figura 2.3 y Figura 2.4.

Table 2-2a Runoff curve numbers for urban areas ¹

Cover description	Average percent impervious area ²	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
<i>Fully developed urban areas (vegetation established)</i>					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.) ³ :					
Poor condition (grass cover < 50%)	68	79	86	89	
Fair condition (grass cover 50% to 75%)	49	69	79	84	
Good condition (grass cover > 75%)	39	61	74	80	
<i>Impervious areas</i>					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)	98	98	98	98	
Streets and roads:					
Paved, curbs and storm sewers (excluding right-of-way)	98	98	98	98	
Paved, open ditches (including right-of-way)	83	89	92	93	
Gravel (including right-of-way)	76	85	89	91	
Dirt (including right-of-way)	72	82	87	89	
<i>Western desert urban areas:</i>					
Natural desert landscaping (pervious areas only) ⁴	63	77	85	88	
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)	96	96	96	96	
<i>Urban districts:</i>					
Commercial and business	85	89	92	94	
Industrial	72	81	88	91	
<i>Residential districts by average lot size:</i>					
1/8 acre or less (town houses)	65	77	85	90	
1/4 acre	38	61	75	83	
1/2 acre	30	57	72	81	
1 acre	25	54	70	80	
2 acres	20	51	68	79	
4 acres	12	46	65	77	
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) ⁵	77	86	91	94	

Figura 2.3. Número de curva para áreas urbanas (USDA, 2020)

Table 2-2c Runoff curve numbers for other agricultural lands ¹

Cover description	Hydrologic condition	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing ²	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay	—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element. ³	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30 ⁴	48	65	73
Woods—grass combination (orchard or tree farm) ⁵	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods ⁶	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30 ⁴	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots	—	59	74	82	86

¹ Average runoff condition, and $L_e = 0.25$.
² Poor: <50% ground cover or heavily grazed with no mulch.
 Fair: 50 to 75% ground cover and not heavily grazed.
 Good: > 75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.
³ Poor: <50% ground cover.
 Fair: 50 to 75% ground cover.
 Good: >75% ground cover.
⁴ Actual curve number is less than 30, use CN = 30 for runoff computations.
⁵ CN's shown were computed for areas with 50% woods and 50% grass (pasture) cover. Other combinations of conditions may be computed from the CN's for woods and pasture.
⁶ Poor: Forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning.
 Fair: Woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil.
 Good: Woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil.

Figura 2.4. Número de curva para zonas agrícolas (USDA, 2020)

2.2.2 Datos hidráulicos

2.2.2.1 Caudal de entrada

El sistema de alcantarillado pluvial del Campus Gustavo Galindo recibe escorrentía superficial proveniente del sector montañoso ubicado detrás del edificio de CELEX, por lo cual es imprescindible estimar el caudal aproximado que ingresa al drenaje principal para modelar adecuadamente el mismo. Dicho caudal se estimará mediante el método racional.

Generalidades del método racional

El método racional es el procedimiento más común para la estimación de caudales en zonas con amplias áreas impermeables. Este método realiza varias asunciones, las cuales le limitan. Dentro del área de drenaje, que no debe ser mayor a 40 ha, se considera que la ocurrencia del flujo máximo sucede cuando la cuenca contribuye escorrentía mientras que, la intensidad de lluvia es uniforme hasta que el tiempo de duración iguala o excede el tiempo de concentración, .(Engineering and Asset Management Unit Geo-Environmental Section, 2014) ; (Viessman, W. et al., 1989) (Kuichling, 1889)

El método racional es representado mediante la siguiente ecuación:

$$Q = C_i IA$$

Donde

C_i : Coeficiente de escorrentía

A: área de interés [m²]

I: intensidad de lluvia $\left[\frac{m}{s}\right]$

Coeficiente de escorrentía

Es un valor adimensional entre 0.05 y 1, que indica la magnitud de escorrentía generada por una cuenca dada la intensidad promedio de precipitación de una tormenta.(Thompson, 2006) Su magnitud depende de las condiciones de humedad iniciales, el tipo de superficie y la cuenca de estudio.(Aparicio Mijares, 1993)

Los valores representativos de coeficientes de escorrentía se presentan a continuación en 2 ilustraciones, donde ponemos énfasis en la diferencia de valores de acuerdo con el autor.

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	Mínimo	Máximo
ZONAS COMERCIALES		
Zona Comercial	0,70	0,95
Vecindarios	0,50	0,70
ZONAS RESIDENCIALES		
Unifamiliares	0,30	0,50
Multifamiliares, espaciados	0,40	0,60
Multifamiliares, compactos	0,60	0,75
Semiurbanas	0,25	0,40
Casas habitación	0,50	0,70
ZONAS INDUSTRIALES		
Espaciado	0,50	0,80
Compacto	0,60	0,90
CEMENTERIOS, PARQUES		
	0,10	0,25
CAMPOS DE JUEGO		
	0,20	0,35
PATIOS DE FERROCARRIL		
	0,20	0,40
ZONAS SUBURBANAS		
	0,10	0,30
CALLES		
Asfaltadas	0,70	0,95
De concreto hidráulico	0,70	0,95
Adoquinadas	0,70	0,85
ESTACIONAMIENTOS		
	0,75	0,85
TECHADOS		
	0,75	0,95
PRADERAS		
Suelos arenosos planos (pendientes 0,02 o menos)	0,05	0,10
Suelos arenosos con pendientes medias (0,02-0,07)	0,10	0,15
Suelos arenosos escarpados (0,07 o más)	0,15	0,20
Suelos arcillosos planos (0,02 o menos)	0,13	0,17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0,02-0,07)	0,18	0,22
Suelos arcillosos escarpados (0,07 o más)	0,25	0,35

Figura 2.5. Valores del coeficiente de escurrimiento (Aparicio Mijares, 1993)

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA		REFERENCIA
	Mínimo	Máximo	
Césped, suelo arenoso, plano (0-2% pendiente)	0,05	0,1	Water Resources Civil Engineers American Society of Research Council Urban Federation,1992
Árbol	0,28	0,68	Dhakal et al,2011
Arbusto	0,10	0,10	Dhakal et al,2011
Asfalto	0,70	0,95	Water Resources Civil Engineers American Society of Research Council Urban Federation,1992
Techos	0,75	0,95	Water Resources Civil Engineers American Society of Research Council Urban Federation,1992
Superficies de hormigón	0,75	0,95	Water Resources Civil Engineers American Society of Research Council Urban Federation,1992
Suelo desnudo	0,15	0,25	Dhakal et al,2011

Figura 2.6. Valores de coeficiente de escorrentía teóricos (Rubio Ramírez, 2021)

La determinación del coeficiente de escorrentía asociado a cada tipo de superficie se realizará mediante los valores considerados en las ilustraciones previas, posteriormente se ejecutará la corrección de cada coeficiente de escorrentía según será mostrado.

El coeficiente de escorrentía de cada microcuenca que influye en el área de ingenierías se estimará según la siguiente ecuación:

$$C_{\#} = \frac{\sum(A_i * C_i)}{\sum A_i}$$

Donde

$C_{\#}$: Coeficiente de escorrentía para microcuenca #

A_i : área de cobertura de suelo [m²]

C_i : coeficiente de escorrentía correspondiente a cobertura de suelo

Factor de corrección para coeficientes de escorrentía

La Figura muestra los coeficientes de escorrentía válidos para períodos de retorno menores a 10 años, estos requieren ajustarse a causa de infiltración y las pérdidas para aproximar proporcionalmente los efectos sufridos por la escorrentía.

PERIODO DE RETORNO (T)	FACTOR DE CORRECCIÓN
10 años o menos	1,00
25 años	1,10
50 años	1,20
100 años	1,25

Figura 2.7. Factores de corrección para coeficientes de escorrentía
(Engineering and Asset Management Unit Geo-Environmental Section, 2014)

Uso de suelo

El área de Facultades de Ingeniería en el Campus Galindo posee una superficie de 57.72 Ha. Figura 2.8

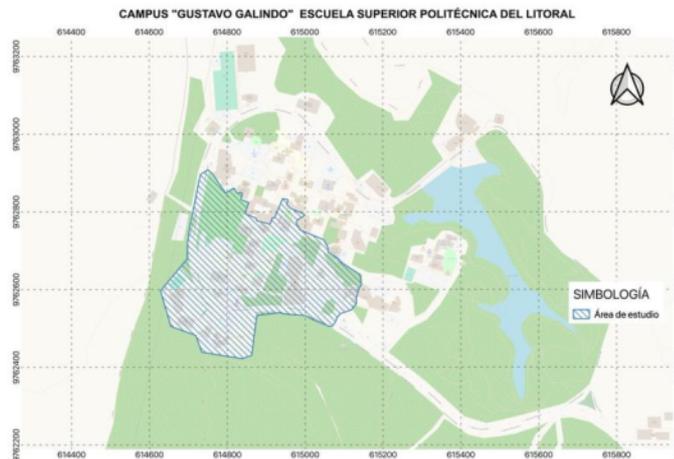


Figura 2.8. Área de Ingenierías del Campus Galindo

Este sector se encuentra subdividido por diversas coberturas de suelo: Áreas verdes, bosque natural, zona sin vegetación, zona con vegetación, adoquín, pavimento, concreto, techos y campos de juego.

Intensidad de precipitación

Se emplearán las ecuaciones propuestas por el INAMHI, presentadas en el capítulo 1, debido a su cercanía al sector de estudio. Para distintos periodos de retorno y tiempos, se elaboró una tabla los valores, los cuales pueden apreciarse a continuación.

Tabla 2.2 - Intensidad máxima en función de tiempo y periodo de retorno

PERÍODO DE RETORNO T (AÑOS)						
t (MIN)	2	5	10	25	50	100
5	96.4	117.6	136.7	166.7	193.7	225.2
10	77.9	95.1	110.5	134.8	156.7	182.1
15	68.8	84.0	97.6	119.1	138.4	160.8
20	63.0	76.9	89.4	109.0	126.7	147.3
30	57.1	69.7	81.0	98.8	114.9	133.5
60	42.8	52.2	60.7	74.0	86.0	100.0
120	31.2	38.1	44.3	54.0	62.8	73.0
360	13.3	16.2	18.8	23.0	26.7	31.0
1440	4.5	5.5	6.4	7.8	9.1	10.6
INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)						

Área de aportación

El área de aportación para calcular el caudal de ingreso corresponde a la superficie de la microcuenca que cubre dicho sector montañoso, 42.54Ha.

2.2.2.2 Levantamiento del sistema de alcantarillado de aguas lluvias actual

La infraestructura principal del Alcantarillado de aguas lluvias está constituida por canales abiertos. Mediante un recorrido en sitio, se levantó datos referentes a: coordenadas de inicio y fin de tramos, secciones transversales, material de canales.

Empleando la aplicación gratuita "UTM Geo Map" se obtuvo las coordenadas geográficas del inicio y fin de cada tramo, considerando cambio de pendientes, sección y dirección; además de identificar intersecciones de canales primarios y tributarios. Por medio de una revisión visual in situ, se determinó el material de la solera, talud y variaciones a lo largo

del tramo observado. El material predominante de los canales es hormigón con excelente acabado. No se divisó obstrucciones representativas.

La información levantada fue corregida punto a punto utilizando una herramienta SIG y una imagen ortofoto del área de estudio, donde se revisó los datos tomados con la aplicación "UTM Geo Map", debido al margen de error de 5m del GPS empleado.

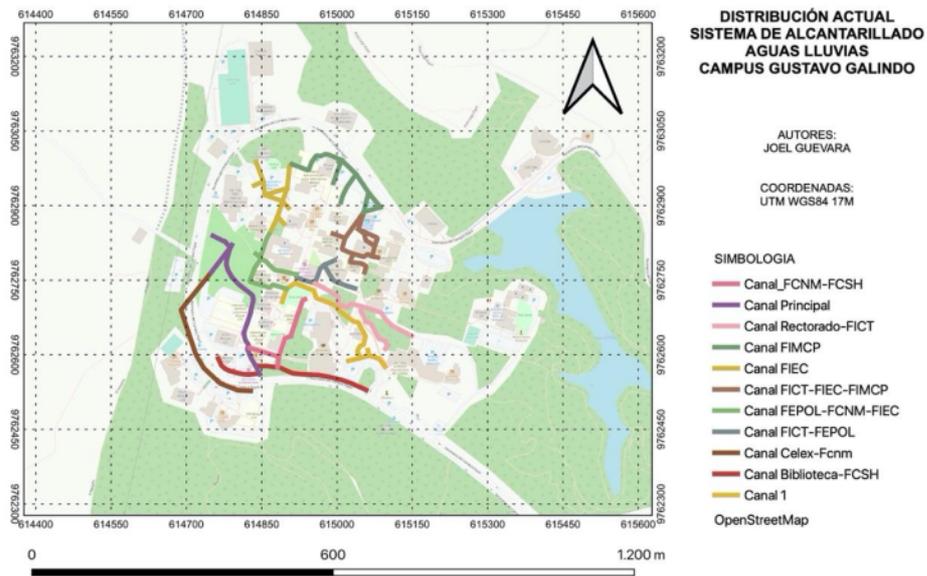


Figura 2.9 – Distribución de AALL vigente en Campus Gustavo (Autor)

De manera esquemática, a través de una vista en planta, se presentó la distribución del sistema de alcantarillado de aguas lluvias que existe en el campus Gustavo Galindo (Figura 2.8). En el gráfico previo, las líneas de colores representan los canales que conforman al drenaje pluvial.

2.3 Simulación de modelo Lluvia-Escorrentía

2.3.1 Software SWMM

SWMM es un modelo dinámico lluvia-escorrentía que permite simular la cantidad y calidad de escorrentía para eventos únicos o continuos en áreas urbanas. La escorrentía superficial se estima empleando subcuencas que reciben la precipitación y la conducen

a través del sistema de canales y tuberías que conforman el alcantarillado de aguas lluvias. Este software será empleado para las siguientes aplicaciones: identificación de zonas de inundación; diseño y dimensionamiento de componentes de sistemas de drenaje para control de inundaciones; captura y retención de lluvia/escorrentía aplicando soluciones de bajo impacto (Epa et al., 2015)(Taghizadeh et al., 2021)(Jang et al., 2007).

Parámetros de entrada

Para ejecutar la simulación de la línea base se empleó:

- Subcuencas del área de estudio
- Características morfológicas de subcuencas
- Distribución y dimensiones de canales y tuberías
- Cota invert, pendientes, longitudes, rugosidades de canales y tuberías
- Ubicación de pozos de revisión con cotas

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Simulación de modelo Línea Base (Business as Usual)

La simulación del modelo la Línea Base permitió conocer el comportamiento del alcantarillado de aguas lluvias que dispone actualmente la zona de estudio. Para su ejecución, se consideró el trazado de canales y tuberías principales del área de ingenierías del Campus Gustavo Galindo. De similar manera, se incluyó sus características geométricas, hidráulicas e información hidrológica del lugar, para obtener resultados aproximados a la situación real.

3.1.1 Consideraciones de diseño del modelo Línea Base

3.1.1.1 Precipitación

El modelo lluvia-escorrentía elaborado en SWMM utiliza las ecuaciones IDF elaboradas por el INAMHI, para distintos periodos de retorno: 2, 5, 10 y 25 años, información dispuesta en la Tabla 2.2 (realizar referencia Cruzada); y como duración de intervalo de lluvia: 5 minutos. Se representó la precipitación acumulada en función del intervalo de tiempo para una lluvia típica con periodo de retorno de 10 años.

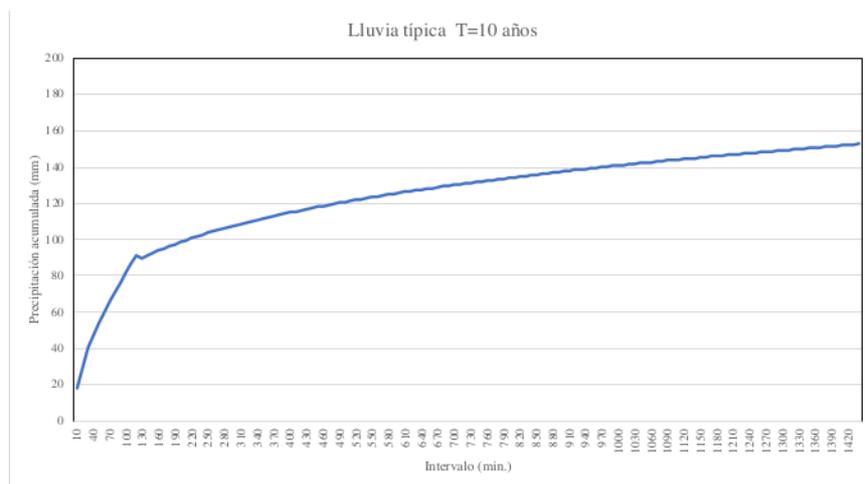


Figura 3.1- Precipitación acumulada vs Intervalo de tiempo de Lluvia típica con T=10años

3.1.1.2 Caudal de entrada

Se consideraron 2 periodos de retorno T=5 y T=10 años, de los cuales el periodo T=10 años es representativo para diseñar sistemas de alcantarillado pluvial, tal como lo indican las normas y criterios de diseño de Interagua (Interagua, 2016). La intensidad de lluvia calculada mediante la gráfica IDF para un periodo de retorno T=10 años es 27.5mm/h. Se determinaron dos microcuencas aportantes de caudal, ubicadas detrás de CELEX, con un área total de 42.54Ha.

Tabla 3.1. Caudales de entrada al sistema AALL para dos periodos de retorno

T(years)	I(mm/h)	Q(m ³ /s)
5	23.6	1.895
10	27.5	2.209

3.1.1.3 Microcuencas

Las áreas de aportación de caudal para cada tramo de conducción en el sistema de alcantarillado están conformadas por microcuencas. El desfogue de cada uno se asignó al canal o la tubería más cercana, que según su disposición topográfica pudiese percibir su caudal generado.

Los datos de entrada al software corresponden a las siguientes características morfométricas: área, ancho, pendiente media, % de área impermeable.

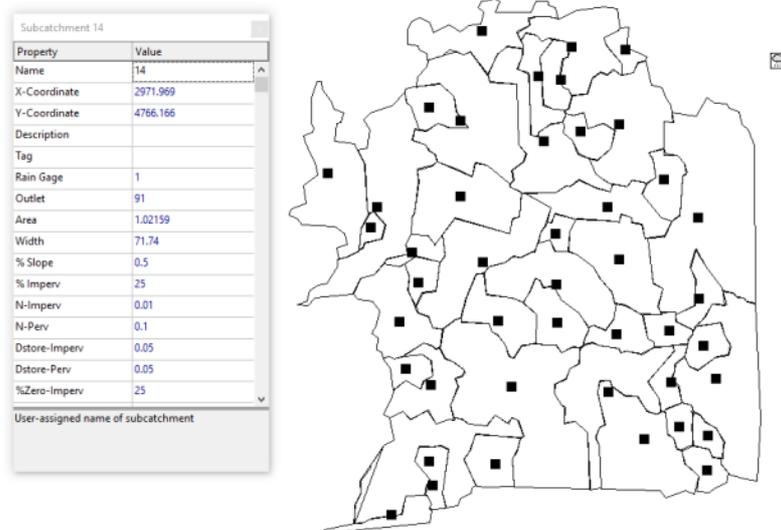


Figura 3.2. Microcuencas del área de estudio

La pendiente media de cada microcuenca fue calculada por medio de un software GIS, el cual estima los cambios máximos de elevación contra la distancia de determinadas áreas del terreno y **los pondera**. El porcentaje de área impermeable se determinaron mediante el promedio **ponderado** del área de pavimento, edificios y superficies de concreto en comparación al área total de la microcuenca.

Conducciones y Nodos de conducción

La zona de estudio posee dos tipos de conexiones: canales abiertos y tuberías. Los canales abiertos presentan diferentes secciones: rectangular, trapezoidal y triangular. Como consideración de diseño la rugosidad de los canales corresponde al material concreto, piedra y terreno natural con tierra, a excepción del canal principal del sistema AALL, que recorre desde la parte posterior a CELEX, atraviesa la facultad FCSH y avanza detrás de los laboratorios de FCNM, por un camino de tierra.

Dicho canal posee una rugosidad calculada con el método de Cowal, el cual consiste en considerar diversas características de la estructura: irregularidad, obstrucciones, meandros, material de paredes y fondo, entre otros.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

Donde

n_0 : material base del canal

n_1 : grado de irregularidad en el fondo

n_2 : variaciones en sección transversal

n_3 : efecto de obstrucciones

n_4 : vegetación

m_5 : efecto de meandros

A continuación, se presentan los valores empleados para el cálculo de la rugosidad corregida del canal principal del AALL.

Tabla 3.2. Coeficientes de Manning utilizados para corregir rugosidad de canal principal

Coeficientes de rugosidad	
n	0.04025
n0	0.02
n1	0.005
n2	0.005
n3	0
n4	0.005
m5	1.15

Property	Value
Name	103
Inlet Node	120
Outlet Node	135
Description	
Tag	
Shape	TRAPEZOIDAL
Max. Depth	0.55
Length	400
Roughness	0.013
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
User-assigned name of Conduit	



Figura 3.3. Esquema de implantación de Conductos en AALL

Los nodos de conexión considerados son de dos tipos: pozo de revisión y nodo de continuidad para canales. El nodo de continuidad es asignado a todo punto que refleje cambio de dirección, cambio de pendiente y/o cambio de sección de canales. El pozo de revisión es una estructura que vincula dos o más tuberías para conducir fluidos. En el presente proyecto:: aguas lluvias. La información principal a adjuntar en SWMM es la cota de Invert.

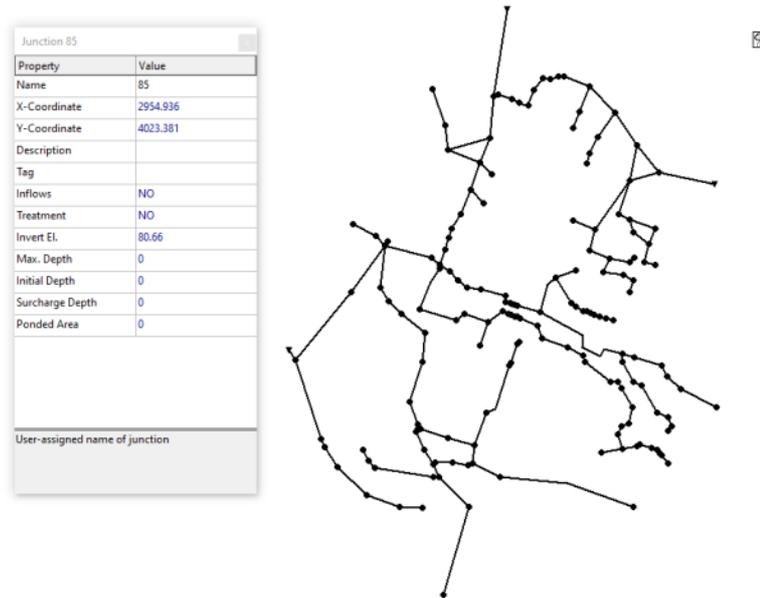


Figura 3.4. Ubicación de nodos de conducción en AALL

Los diseños deben realizarse con la alternativa más conveniente. Debe incluir memorias de cálculo, planos y anexos.

3.2 Diseño de soluciones LID

3.2.1 Cisterna

El modelamiento de esta solución fue ejecutado con el control LID (*Low Intervention Development*) "Rain Barrel". Este control dispone únicamente de 2 pestañas: almacenamiento y drenaje. El almacenamiento considera la altura de la cisterna, 1500mm. No fue considerada la capacidad de drenaje porque esta estructura está destinada a únicamente almacenar el agua escurrida por los techos de las edificaciones.

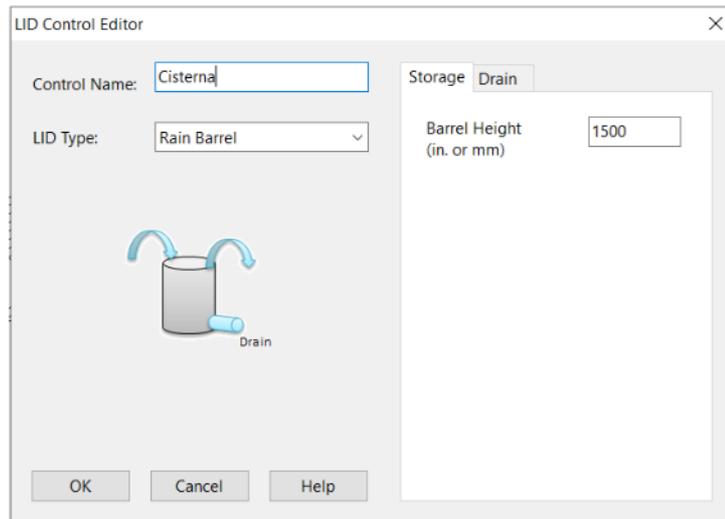


Figura 3.5. Parámetros SWMM del Cisterna

3.2.2 Jardín de lluvia

La simulación de esta solución fue realizada con el control LID "*Rain Garden*". Este control dispone de 4 pestañas donde se especifican los parámetros de caracterización. Para la superficie del jardín se consideró un porcentaje de vegetación del 15%, tomando en cuenta el mantenimiento adecuado para que este no sea excedente en el sitio; número de Manning n asociado a la presencia de pasto alto es 0.05. La pendiente superficial corresponde a la mínima pendiente del terreno calculada en el área de estudio 5%. La capa superficial se encontrará al nivel del suelo, siendo el parámetro Berm Height igual a 0mm.

En la sección de suelo se emplearon los valores típicos de un suelo característicos, dichos valores se encuentran en el manual de calidad de agua del SWMM (Epa et al., 1971). Se consideró un espesor de suelo de 30cm.

En la sección de almacenamiento se consideró la tasa de infiltración del suelo predominante en la zona de estudio es 0.254mm/h, puesto que es arcilla.

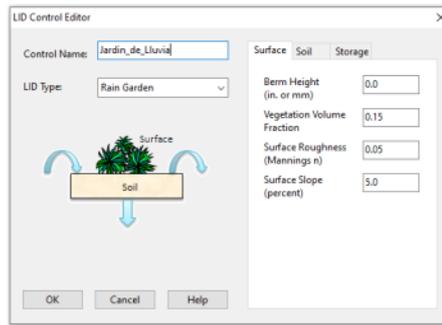


Figura 3.6. Parámetros SWMM del Jardín de lluvia parte 1

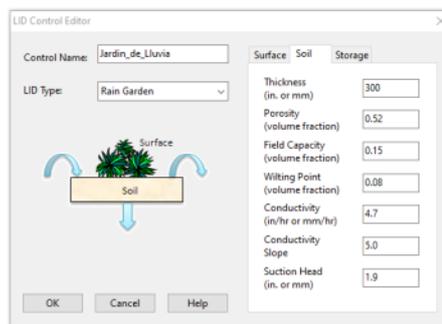


Figura 3.7. . Parámetros SWMM del Jardín de lluvia parte 2

3.2.3 Zanja de infiltración

Para este apartado se utilizó el control LID "Infiltration Trench". En la pestaña "Superficie" se designó 0 mm de altura libre, con un crecimiento vegetal del 5%.

En la sección de "Almacenamiento" se dispuso un espesor de 750 mm. La relación de vacíos correspondiente a suelos arcillosos está entre 0.4 y 0.6, por lo cual se escogió 0.5. La tasa de infiltración para suelos arcillosos es 0.254 mm/h, como fue indicado anteriormente. No fue considerada la capacidad de drenaje con el objetivo de evaluar el impacto de esta solución en la reducción de escorrentía y utilizarla como estructura de almacenamiento.

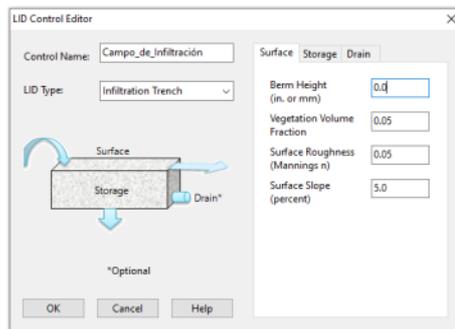


Figura 3.8. . Parámetros SWMM del Campo de Infiltración parte 1

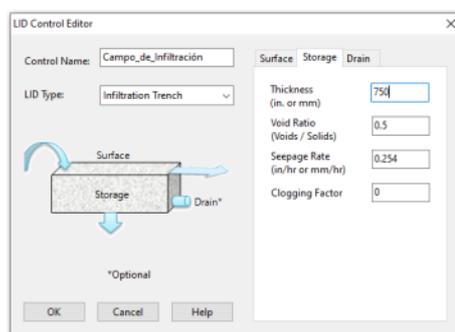


Figura 3.9. Parámetros SWMM del Campo de Infiltración parte 2

3.2.4 Cuneta de bioretención

Aquí se utilizó el control LID “Bio-retention Cell”. Sus parámetros guardan similitud con el jardín de lluvia.

Para la superficie de la cuneta se consideró un porcentaje de vegetación del 20%, considerando que esta solución permite el crecimiento libre de vegetación; número de Manning n asociado a la presencia de pasto alto es 0.05; la pendiente superficial corresponde a la mínima pendiente del terreno calculada en el área de estudio 5%. La capa superficial se encontrará al nivel del suelo.

En la sección de suelo se emplearon los valores típicos de un suelo característicos, dichos valores se encuentran en el manual de calidad de agua del SWMM (Epa et al., 1971). Se consideró un espesor de suelo de 45cm. En la sección de almacenamiento se consideró la tasa de infiltración del suelo predominante en la zona de estudio es 0.254mm/h puesto que es arcilla; 90cm para el espesor de la capa de material granular. No fue considerada

la capacidad de drenaje con el objetivo de evaluar el impacto de esta solución en la reducción de escorrentía.

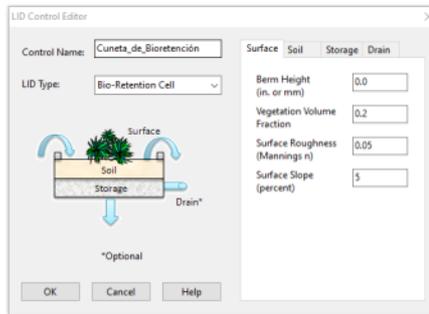


Figura 3.10. Parámetros SWMM de Cuneta de Bioretención parte 1

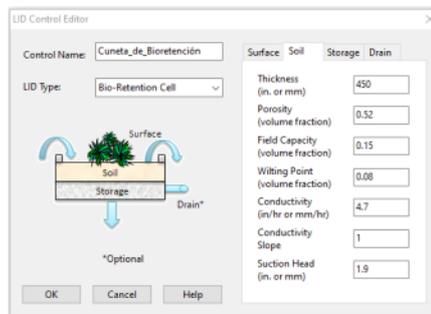


Figura 3.11. Parámetros SWMM de Cuneta de Bioretención parte 2

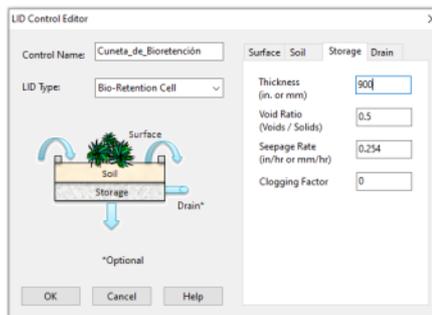


Figura 3.12. Parámetros SWMM de Cuneta de Bioretención parte 3

3.2.5 Adoquín permeable

Para esta alternativa se utilizó el control LID "Permeable Pavement". La configuración escogida consta de tres capas principales: adoquín, suelo y almacenamiento. El espesor de adoquín corresponde al mencionado en catálogos de fabricantes, 10cm y con un porcentaje de vacíos igual a 50%. Los parámetros del suelo corresponden a valores

característicos de la arena, con un espesor de 15cm. Finalmente la sección de almacenamiento estará constituida por material granular, siendo el estrato de 30cm.

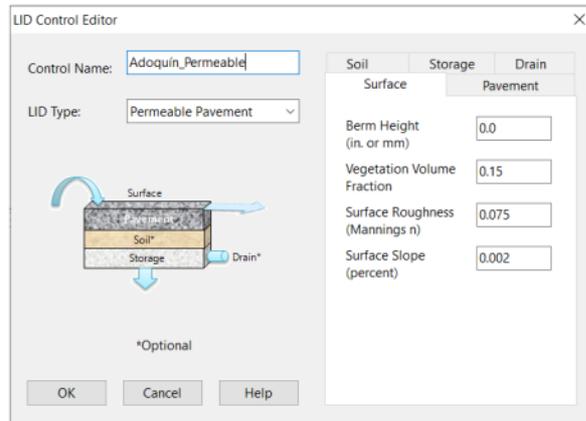


Figura 3.13. Parámetros SWMM de Adoquín Permeable Parte 1

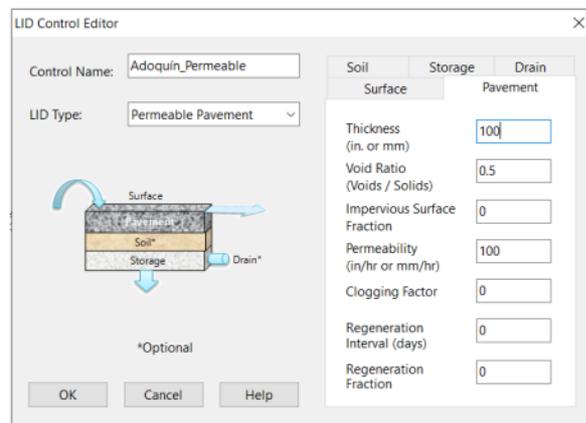


Figura 3.14. Parámetros SWMM de Adoquín Permeable Parte 2

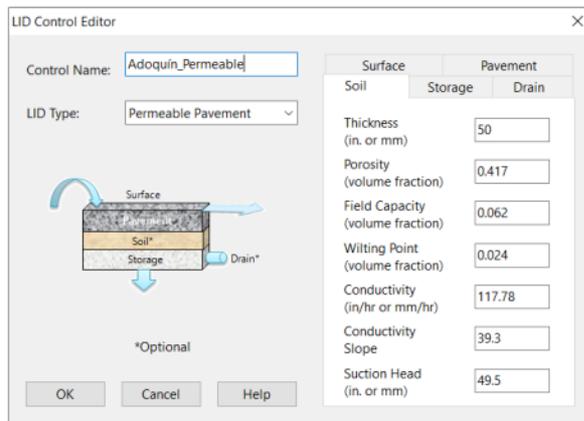


Figura 3.15. Parámetros SWMM de Adoquín Permeable Parte 3

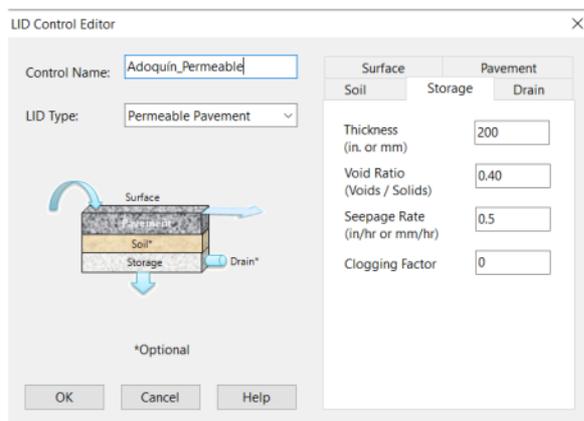


Figura 3.16. Parámetros SWMM de Adoquín Permeable Parte 4

3.3 Implementación de soluciones

La designación de soluciones para cada sector de la zona de estudio permite conocer no solo su ubicación, sino cuantificar las unidades distribuidas y la superficie que estas cubren. A continuación, se presenta un listado con las soluciones consideradas en el análisis y su incidencia en área utilizada (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Listado de soluciones con sus respectivas cantidades

SOLUCIÓN	CANTIDAD
----------	----------

Campo de Infiltración	425.34 m ²
Cisterna	12 u
Adoquín Permeable	11118.45 m ²
Jardín de lluvia	334.80 m ²

Así mismo es presentada la localización de cada solución a lo largo de la extensión del área de estudio.



Figura 3.17. Ubicación de soluciones en zona de estudio

3.4 Análisis de resultados

El área total fue dividida entre 44 microcuencas, (ver Figura 3.18). Las microcuencas están predominantemente intervenidas por algún tipo de edificación, a excepción del sector del bosque, ubicado entre los laboratorios de FCNM y la facultad FIEC. La pendiente promedio del terreno es aproximadamente 15,8% de acuerdo con la información recibida de Gerencia de Infraestructura. Cabe resaltar que la topografía fue depurada por presentar cotas de copas de árboles como cotas del terreno.

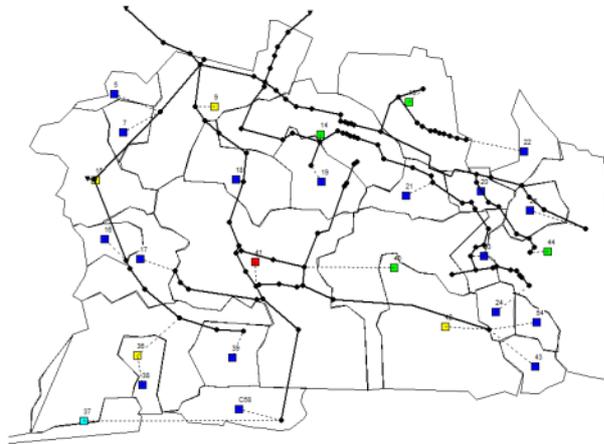


Figura 3.18. Microcuencas en Zona de estudio



Figura 3.19. Mapa de zona de estudio con Facultades

En conformidad a la intervención humana en la zona, el promedio de áreas con superficies impermeables se acerca al 55%, que de acuerdo con las extensiones de bosque es relativamente reducido. Cabe destacar que el área total involucrada en el estudio es 13.63Ha, donde 7.44Ha correspondería a superficies de pavimentos, adoquín, edificaciones. Para más detalle de áreas, porcentajes de superficies impermeables y pendientes de terreno, puede observarse la siguiente tabla:

Tabla 3.4. Información de Microcuencas

MICROCUENCAS	ÁREA	% SUPERFICIES IMPERMEABLES	PENDIENTE [%]
11	8694.60	73.24	12.1

5	1958.56	8.71	5.17
7	1958.56	13.16	7.5
13	9416.17	69.50	18.25
9	12221.30	26.13	12.85
14	10215.90	44.52	18.79
22	2896.82	67.08	13.34
20	2214.23	36.80	17.09
19	4807.31	72.67	18.47
21	3536.02	77.81	15.54
15	7947.23	5.36	12.37
18	5610.39	67.81	14.11
26	2509.60	42.97	18.1
16	2144.32	39.25	17.42
23	2188.62	89.68	8.3
17	5639.49	84.51	14.01
24	1850.63	85.35	10.73
54	1590.01	64.60	10.83
44	15720.70	75.51	17.58
39	4176.17	81.79	25.83
41	25740.30	72.47	17.51
40	11319.10	48.08	13.91
43	2362.78	71.10	16.47
42	13328.10	32.19	13.36
38	2495.56	38.74	19.4
36	14919.50	39.24	24.1
37	2554.43	0.00	27.28
C58	4941.55	100.00	22.07

La escorrentía superficial máxima obtenida de cada microcuenca a partir del modelo realizado en SWMM para el periodo de retorno de 10 años se muestra en la Figura 3.20 . Según el comportamiento de la lluvia de diseño, este pico de valores es alcanzado entre 12:00pm y 13:00pm. Este resultado representaría la situación base a comparar contra el desempeño de las soluciones aplicadas: adoquín permeable, campo de infiltración, jardín de lluvia y cisternas.



Figura 3.20. Escorrentía superficial máxima desarrollada en cada Microcuenca

Los resultados obtenidos del modelo de SWMM muestran que la aplicación de soluciones verdes puede reducir la escorrentía superficial durante un evento de lluvia (ver Figura 3.21) en contraste con el modelo base.

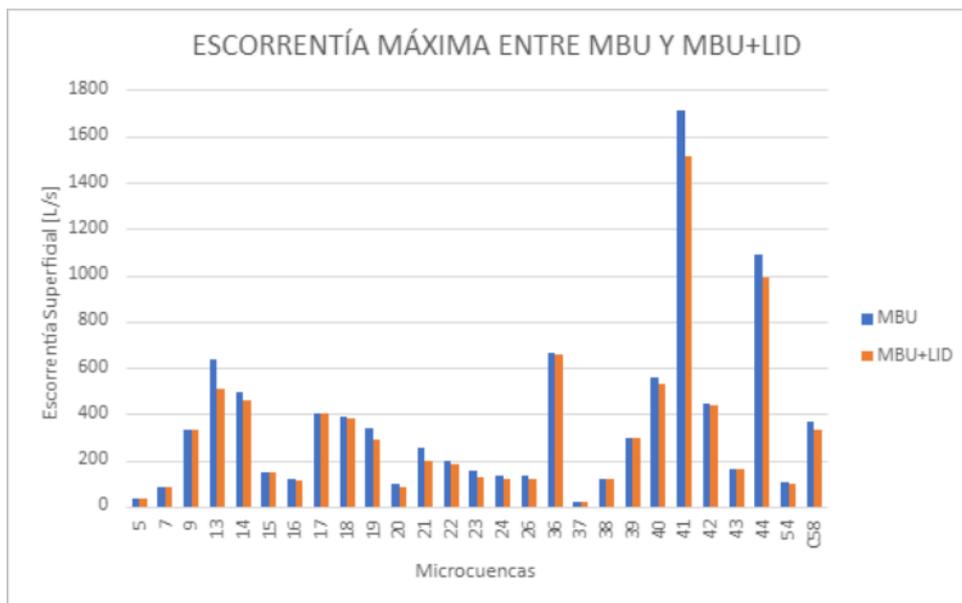


Figura 3.21. Comparación de escorrentía máxima entre modelo Base y Modelo con Soluciones verdes

La eficiencia de reducción alcanzó valores de 22% en el sector (Microcuenca 21 – Intersección entre FEPOL, FICT y Biblioteca) donde fue aplicada la combinación de extensión entre las soluciones: adoquín permeable y jardín de lluvia, ver Figura 3.22. Sin embargo, en la zona de FCSH (microcuenca 41) donde la superficie de pavimento correspondiente al parqueadero fue reemplazada por adoquín permeable, solo hubo una disminución máxima de 11.45%. En este lugar, la pendiente del terreno está orientada hacia el canal principal del sistema de alcantarillado pluvial, por lo cual la aplicación de

medidas para mitigar y reducir la escorrentía superficial pudiese ser atenuada por la configuración topográfica del sitio.

En el área de ICM y Sweet & Coffee (microcuenca 14), donde se observa en época invernal la inundación del terreno, se obtuvo una reducción del 6.59% para el 7.07% de su superficie dedicada a adoquines permeables. El desempeño de dicha solución es afectado por la llegada de escorrentía proveniente de las demás microcuencas, porque dicho sector se encuentra en la zona más baja del estudio (los flujos se acumulan ahí).



Figura 3.22. Reducción porcentual de escorrentía causada por soluciones verdes

En el sector ubicado detrás de CELEX, se esperaba notar el aumento de la capacidad de infiltración del terreno. Sin embargo, los resultados presentan solo el incremento de 0.84mm en infiltración total para el 9.7% del área destinada a Campo de Infiltración. Esta capacidad puede mejorar si se ejecutan cambios en la configuración de la estructura de la solución, implementando materiales granulares con mayor relación de vacíos, suelos más permeables y aumentando las dimensiones de dichas capas. Además, estas variables mencionadas no serían representativas si son comparadas con la extensión que ocupa la solución, porque a mayor área de aplicación, mayor sería su área de captación, tal como se visualiza en la Figura 3.23.

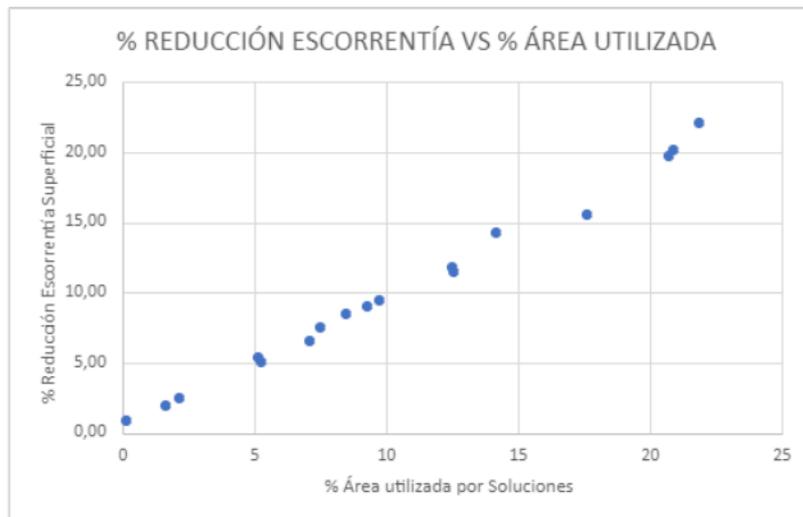


Figura 3.23. Relación entre reducción porcentual de escorrentía y su área utilizada

En el sector del ICM y Sweet & Coffee (microcuenca 14), localizado en la parte baja del área de ingenierías, se interceptan los canales provenientes de FCNM, Rectorado y FICT con 2 tuberías. De acuerdo al modelo SWMM ejecutado, la capacidad de las tuberías durante un evento de lluvia con periodo de retorno 10 años no excede el 60% de su capacidad. Adicionalmente, luego de aplicar las soluciones: adoquín permeable y jardín de lluvia, fue observado el retardo en la generación de escorrentía superficial cercano a 30min, clave o muy útil para eventos de gran intensidad, pero de corta duración. Este comportamiento influyó en el tiempo que requieren las tuberías para ocupar el 58% de su capacidad. En contraste con los sucesos reales, estos elementos han ocupado mayor capacidad, debido a obstrucciones provocadas por la presencia de sedimentos y hojas de árboles, pero este análisis no fue incluido en el estudio.

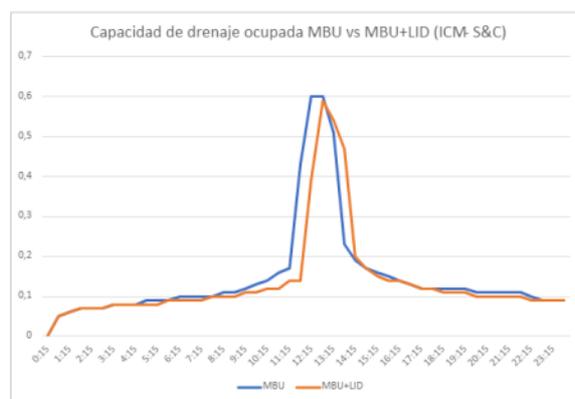


Figura 3.24. Comparación entre la capacidad de drenaje en MBU y MBU+ LID

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Objetivos

Objetivo General:

Realizar el análisis ambiental del proyecto “Análisis y diseño del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias del área de ingenierías, sector Rectorado, FCNM y FCSH, del Campus Gustavo Galindo”, mediante la realización de la línea base, evaluación de impactos ambientales y la aplicación de normativas ambientales vigentes en el Ecuador, para la minimización de afectaciones al ecosistema circundante al área de estudio a causa de las actividades del proyecto.

Objetivos Específicos:

1. Realizar la descripción de los factores ambientales inmersos en la zona influencia del proyecto a través de la redacción de su línea base.
2. Identificar los impactos ambientales que la implementación del proyecto generaría sobre su área de influencia, mediante la descripción de las actividades de construcción, operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado de aguas lluvias.
3. Proponer un conjunto de medidas ambientales a través de las cuales se prevenga, mitigue y controle los impactos ambientales, mediante el plan de manejo ambiental.
4. Establecer un presupuesto referencial para el manejo ambiental de la obra y sus actividades derivadas, mediante la identificación y valoración de cada plan de manejo propuesto.

4.2 Descripción del proyecto

4.2.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza dentro del área de Ingenierías del Campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), ubicado al noroeste de la ciudad de Guayaquil, en su perímetro, con las coordenadas:

ESTE	NORTE
614600	9763200
616000	9763200
614600	9762200
616000	9762200

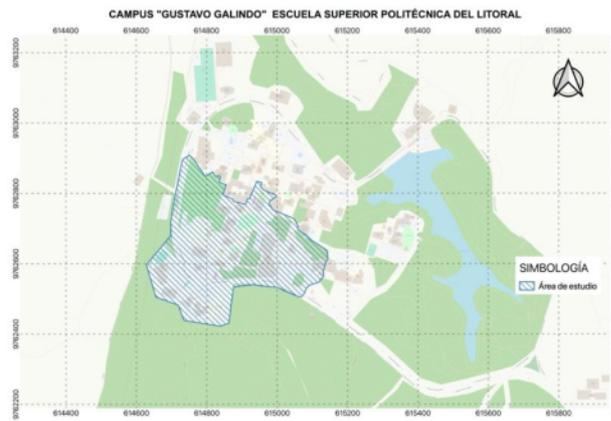


Figura 4.1. Ubicación del área de estudio dentro del Campus Gustavo Galindo

El campus posee 711 ha, de las cuales 151ha están designadas para la expansión de áreas académicas. Las 560 ha. restantes están designadas al Bosque Protector Prosperina.

4.2.2 Tipo de estudio

El presente proyecto busca ejecutar el análisis del sistema de alcantarillado de aguas lluvias del área de ingenierías del Campus Gustavo Galindo, para determinar los diseños de mejoras a implementar en dicho sistema, con el fin de controlar, contener y aprovechar la precipitación y escorrentía superficial.

El proyecto tiene la categoría II debido a su nivel de impacto y está identificado con el código 23.4.2.2.1 dentro del Catálogo de Categorización Ambiental Nacional CCAN. En

base a la consulta realizada en el Sistema Único de Información Ambiental, el estudio es descrito como “Construcción y Operación de sistemas Integrados de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado (no incluye planta de tratamiento de aguas residuales)”, el cual requiere obtener un Registro Ambiental como parte del trámite.

Consulta de Actividades Ambientales

Para conocer la Actividad Ambiental a la que pertenece su proyecto, el proceso que corresponde (Registro Ambiental o Licencia Ambiental), el tiempo de emisión y los costos que genera, haga clic en buscar.

🔍 Buscar

Descripción de la actividad	CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS INTEGRADOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL O COMBINADO (NO INCLUYE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES)
Su trámite corresponde a un(a)	REGISTRO AMBIENTAL
Tiempo de emisión	Inmediato.
Costo del trámite	180.0 dólares (Tiene un costo adicional si existe remoción de cobertura vegetal nativa)

Figura 4.2. Clasificación del proyecto según SUIA

4.3 Línea Base

4.3.1 Medio físico

El ambiente de esta zona se ve influenciado por la cordillera Chongón-Colonche, por esto tiene una temperatura característica de un ecosistema tropical sabana, estando está en un rango de 25.5°C y 33.2°C, además esta influencia es reflejada en las condiciones climatológicas referentes a precipitación y sequía anual. La calidad de aire puede considerarse ausente de contaminantes por encontrarse en zonas abiertas, lejanas a fábricas y a tránsito recurrente de vehículos automotores.

El suelo presente en el campus contiene roca, semiroca y suelo rígido del tipo depósito lacustre. Además, existen dos tipos de terreno: terrenos rocosos y depósitos de suelo. Los terrenos rocosos están constituidos por grupos de estratos pertenecientes a la formación sedimentaria Cayo. Los depósitos de suelos están compuestos por suelos coluviales, arcillas negras y suelos limo-arcillosos.

La topografía es de carácter variable puesto que dispone de pendientes que incluyen planicies, moderadamente escarpadas, escarpadas y muy escarpadas. La altura del campus oscila entre 30 – 110msnm.

El campus tiene tres zonas que se separan por su nivel de intervención: medianamente intervenida, la cual representa el 8%; una altamente intervenida, correspondiente al 24%; y, la zona construida que representa el 18% de su área (Ponce & Sánchez, 2015).

El campus cuenta con dos cuerpos de agua superficial, pero solo uno es cercano al área de estudio: el lago de la Espol; es un lago artificial-oligotrófico, con una extensión cercana a 7ha., se encuentra dentro del área designada para desarrollar infraestructura de estudio, investigación, recreación, administración, entre otras.

4.3.2 Medio biótico

4.3.2.1 Flora

Esta zona posee una riqueza de flora y fauna, y está destinada para incentivar a la conservación de ecosistemas a través de programas educativos a través de los cuales se han sembrado árboles frutales y maderables enseñando el correcto manejo del ambiente sin destruir su diversidad y procesos ecológicos.

El bosque protector es un bosque seco tropical donde su flora se caracteriza por eliminar sus hojas durante la época seca para poder optimizar el uso de agua que consumen, y al llegar la época lluviosa, los árboles recuperan su verdor.

La flora del campus está compuesta por árboles nativos e introducidos, entre los nativos destacan: ceibo, palo santo, guanábana, pechiche, guayacán y laurel (Bosque Protector Prosperina, 2019).

Dentro de este campus se trata de conservar especies en peligro de extinción como el guayacán, árbol que es muy codiciado por la durabilidad de su madera, esta especie tiene un ciclo extenso para su crecimiento y en razón a la tala indiscriminada la población se ha reducido gravemente (Sánchez, Rivadeneira, & Lucas, 2017).

4.3.2.2 Fauna

La fauna característica del campus corresponde a aquella localizada en el bosque protector, sin embargo, también existe fauna introducida: perros y gatos, pero predomina la fauna silvestre. Se pueden encontrar diversas especies de aves, reptiles, anfibios y mamíferos según lo reportado por el Plan de Manejo del Bosque Protector Prosperina.

La fauna silvestre presenta la siguiente biodiversidad de mamíferos y aves: Venado cola blanca, Oso hormiguero, Oso perezoso, Jaguar, rata espinosa, murciélago longirostro, Murciélago frutero, Mono araña, Mono aullador, Ardilla de Guayaquil, entre otros; Mirlo Ecuatoriano, Golondrina azuliblanca, Espiguero Variable, Pinzón Pechicarnesí, entre otros. Entre estas especies que alberga el Campus Gustavo Galindo, también se tienen

especies en peligro de extinción como el venado de cola blanca, el cual es presa de la caza furtiva (Bosque Protector Prosperina, 2019).

4.3.3 Medio socioeconómico

El Campus Gustavo Galindo posee infraestructura compuesta por edificaciones, vías pavimentadas, sistemas de alcantarillado y planta de tratamiento. Entre las edificaciones existentes, se tienen dispensarios médicos, aulas, auditorios, laboratorios, comedores y viveros, conectados entre sí por calles que a su vez se enlazan con la Vía Perimetral, principal acceso al Campus.

Toda el área de edificaciones posee acceso a agua potable, electricidad. Actualmente se dispone de bebederos de agua de consumo humano en ubicaciones con gran afluencia de personas. Para el año 2020 se estimó una población total de 18207 de personas distribuidas entre estudiantes y trabajadores de colegio, pregrado y postgrado, quienes estarían distribuidos a lo largo del área designada para la ESPOL. Esta población aumentaría anualmente alcanzando 24699 personas en el año 2035. (Cruz & Hidalgo, 2021)

Dentro del campus laboran activamente alrededor de 1264 personas, quienes reciben un salario correspondiente a sus actividades, estas pueden ser: limpieza, seguridad, transporte, docencia, investigación, administración, entre otras.

Adicionalmente, se desarrollan actividades que fomentan el enriquecimiento cultural de la población interna y externa mediante la Unidad de Arte y Cultura, a través de esta institución, se promueve la revalorización de las raíces culturales ecuatorianas. También se tienen otras iniciativas que promueven la conservación de los bosques, como lo es el Bosque Protector "La Prosperina", mediante este programa se impulsan la responsabilidad social y la gestión ambiental mediante prácticas que involucran a estudiantes, docentes y personal administrativo de la institución.

4.4 Actividades del proyecto

Luego de realizar el inventario ambiental del lugar donde se implementará el proyecto, se procede a enlistar las actividades a ejecutar, considerándolas para la posterior identificación de potenciales impactos ambientales:

- Limpieza y desbroce

2

- Trizado y replanteo
- Transporte de materiales de construcción
- Movimiento de maquinaria y equipo
- Excavación y movimiento de tierras
- Relleno
- Construcción de cisternas de hormigón armado
- Instalación de tuberías
- Corte, rotura y desalojo de pavimento de hormigón
- Suministro e instalación de geomembrana
- Suministro e instalación de adoquín permeable

4.5 Identificación de impactos ambientales

Posterior al listado de actividades del proyecto, se procedió a identificar cada factor ambiental que sería afectado por la ejecución de dichas actividades, luego se identificó sus potenciales impactos al ambiente.

A continuación, se presenta un listado de los potenciales impactos:

Tabla 4.1. Cuadro de Actividades con respectivo factor e impacto ambientales

ACTIVIDAD	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
Limpieza y desbroce	Flora, Fauna	Perturbación del paisaje
		Retiro de flora endémica y alteración del hábitat de fauna silvestre
Trizado y replanteo	Suelo, Humano	Contaminación del suelo por utilización de cal
		Problemas respiratorios del personal
Transporte de materiales de construcción	Agua, suelo, aire	Cambios en patrones de drenaje
		Cambios en la calidad del suelo
		Emisiones de material particulado, gases, ruido
Movimiento de maquinaria y equipo	Suelo, aire, humano	Generación de empleo
		Contaminación de aire por suspensión de material particulado
		Contaminación acústica por motores
Excavación y movimiento de tierras	Suelo, aire	Contaminación de aire por suspensión de material particulado
		Derrame de combustibles y aceites en suelo

Relleno	Aire, suelo, humano	Contaminación acústica por motores
		Contaminación de aire por suspensión de material particulado
Construcción de cisterna de hormigón armado	Aire, Suelo, flora, humano	Erosión del suelo por remoción de cobertura vegetal existente
		Emanación de gases por proceso exotérmico de mezcla
		Almacenamiento de agua lluvia para uso local
		Erosión de suelo por remoción de suelo existente
		Retiro de flora y daño mecánico a raíces de árboles nativos
Instalación de tuberías	Suelo, flora, agua	Solidificación de residuos de mezcla derramada
		Contaminación de suelo por mal manejo de desperdicios
Corte, rotura y desalojo de pavimento de hormigón	Suelo, humano	Mejora de conducción de agua
		Erosión de suelo por remoción de suelo existente
Suministro e instalación de geomembrana y adoquín	Suelo, flora	Deterioro de la zona donde se arrojen los residuos
		Retiro de flora endémica y alteración del hábitat de fauna silvestre
		Cambios en patrón de infiltración y escorrentía superficial

4.6 Valoración de impactos ambientales

Para realizar una evaluación cuantitativa de los impactos ambientales de acuerdo al nivel de interacción de una actividad del proyecto sobre el área de implementación, se utilizó una matriz de impacto ambiental con dos segmentos: Relevancia y Magnitud del proyecto. Ambos segmentos se evalúan con diferentes valores: 0 a 2 y 1 a 3, respectivamente. La relevancia está constituida por la severidad y la probabilidad de ocurrencia del proyecto. Sus respectivos niveles y valoraciones se presentan a continuación en dos tablas:

Tabla 4.2. Niveles y valores de severidad

SEVERIDAD (S)	
Positivo	1
Medio	2
Negativo	3

Probabilidad de ocurrencia: grado de posibilidad en el que ocurra dicho impacto.

Tabla 4.3. Niveles y valores de Probabilidad de ocurrencia

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P)	
Muy poco probable	1
Poco probable	2
Cierto	3

La Magnitud del proyecto está formado por varias características: extensión, duración, intensidad, desarrollo, recuperación e interacción. Características que luego de ser cuantificadas se suman entre sí y mostrarían el tamaño de la interacción de actividades. Extensión: factor que denota la incidencia en superficie o área de un impacto.

Tabla 4.4. Niveles y valores de Extensión

EXTENSIÓN (E)	
Puntual	0
Parcial	1
Alta	2

Duración: Parámetro que indica el periodo de tiempo en el cual será evidente la consecuencia de un impacto

Tabla 4.5. Niveles y valores de Duración

DURACIÓN (Du)	
Corto plazo	0
Mediano plazo	1
Permanente	2

Intensidad: Parámetro que indica el grado de fuerza o vehemencia que presenta la interacción de un factor y el impacto en cuestión.

Tabla 4.6. Niveles y valores de Intensidad

INTENSIDAD (I)	
Baja	0
Moderada	1
Alta	2

Desarrollo: parámetro que evidencia el progreso de un impacto con respecto al tiempo.

Tabla 4.7. Niveles y valores de Desarrollo

DESARROLLO (De)	
Largo plazo	0

Medio plazo	1
Inmediato	2

Recuperación: caracteriza la capacidad del terreno para regresar a sus condiciones originales al recibir el impacto de una actividad.

Tabla 4.8. Niveles y valores de Recuperación

RECUPERACIÓN (R)	
Reversible	0
Mitigable	1
Irreversible	2

Interacción: Califica el comportamiento de la relación entre el factor y el impacto.

Tabla 4.9. Niveles y valores de Interacción

INTERACCIÓN (Ia)	
Simple	0
Acumulativo	1
Sinérgico	2

$$\text{Magnitud del impacto} = E + Du + I + De + R + Ia$$

Finalmente, el valor numérico que definirá la importancia del impacto será el producto de la Relevancia y la Magnitud del impacto.

$$\text{Importancia del impacto} = \text{Relevancia} \times \text{Magnitud del impacto}$$

3

Como resultado se presenta la Matriz de valoración de impactos ambientales.

Tabla 4.10. Matriz de valoración de Impactos Ambientales

FASIS DEL PROYECTO	ACTIVIDADES	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	SEVERIDAD (S)			PROBABILIDAD (P)			EXTENSIÓN (E)			INTENSIDAD (I)			DURACIÓN (DU)			DESARROLLO (De)			RECUPERACIÓN (R)			INTERACCIÓN (Ia)			MAGNITUD DE IMPACTO (Mg)=E+D+De+R+Ia	IMPACTANCIA DE IMPACTO (Imp)
				(1) POSITIVO	(2) MEDIO	(3) NEGATIVO	(1) MUY POCO PROBABLE	(2) POCO PROBABLE	(3) CIERTO	(0) PUNTUAL	(1) PARCIAL	(2) ALTA	(0) BAJA	(1) MODERADA	(2) ALTA	(0) CORTO PLAZO	(1) MEDIANO PLAZO	(2) PERMANENTE	(0) LARGO PLAZO	(1) MEDIO PLAZO	(2) INMEDIATO	(0) REVERSIBLE	(1) MITIGABLE	(2) IRREVERSIBLE	(0) SIMPLE	(1) ACUMULATIVO	(2) SINÉRGICO		
CONSTRUCCIÓN	Limpieza y desbroce	Flora, Fauna	Perturbación del paisaje Retiro de flora endémica y alteración del hábitat de fauna silvestre	2			2	1	0				0				2	0							3	6			
	Trazado y replanteo	Suelo, Humano	Contaminación del suelo por utilización de cal Problemas respiratorios del personal Cambios en patrones de drenaje	2			3	6	0	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1						2	8	48		
	Transporte de materiales de construcción	Agua, suelo, aire	Cambios en la calidad del suelo Emisiones de material particulado, gases, ruido Generación de empleo	2			2	4	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0						2	12	36		
	Movimiento de maquinaria y equipo	Suelo, aire, humano	Contaminación de aire por suspensión de material particulado Contaminación acústica por motores	2			3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0					1	8	24		
	Excavación y movimiento de tierras	Suelo, aire	Contaminación de aire por suspensión de material particulado Derrame de combustibles y aceites en suelo	3			3	6	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	7	63		
	Relleno	Aire, suelo, humano	Contaminación acústica por motores Contaminación de aire por suspensión de material particulado Erosión del suelo por remoción de cobertura vegetal existente	2			3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0						0	5	45		
	Construcción de sistema de hormigón armado	Aire, Suelo, flora, humano	Emanación de gases por proceso exotérmico de mezcla Retiro de flora y daño mecánico a raíces de árboles nativos Almacenamiento de agua lluvia para uso local	3			3	9	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	0						1	8	24		
	Instalación de tuberías	Suelo, flora, agua	Erosión de suelo por remoción de suelo Solidificación de residuos de mezcla derramada Contaminación de suelo por mal manejo de desperdicios	3			3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0					0	6	54		
	Corte, rotura y desalbo de pavimento	Suelo, humano	Mejora de conducción de agua Erosión de suelo por remoción de suelo existente Deterioro de la zona donde se arrojan los residuos	1			3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0					2	9	27		
	Suministro e instalación de geomembrana y adoquín	Suelo, flora	Retiro de flora endémica y alteración del hábitat de fauna silvestre Cambios en patrón de infiltración y escorrentía superficial	2			3	9	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0					1	5	45		
					1			3	6	2	1	1	1	1	1	1	1	2	0						2	9	54		

4.7 Medidas de prevención/mitigación

La operación de maquinarias y equipos con motores genera ruido que puede afectar al desempeño de actividades presenciales en el campus; causar molestias auditivas a los trabajadores; estresar y ahuyentar a la fauna de la zona. Por este motivo, se implementarán barreras acústicas que atenúen el ruido generado y se utilizarán equipos de protección auditiva para reducir riesgos de daños auditivos permanentes.

El movimiento de tierras produce que se levante material particulado que puede afectar al sistema respiratorio de todo trabajador, por esto se obligará al personal a utilizar mascarillas en todo momento que se desarrolle esta actividad. Así mismo, será obligatorio utilizar mascarillas cuando se ejecute la preparación de mezcla de hormigón con el objetivo de no respirar los gases químicos de dicho proceso.

En casos de derrame de combustibles y aceites, se aplicará polímeros absorbentes y/o aserrín para la absorción de hidrocarburos que hayan sido depositados accidentalmente en el terreno. Posteriormente se removerá la tierra contaminada, ubicándola en lugares designados por fiscalización.

El suelo intervenido sufrirá procesos de erosión, por tanto, se requerirá realizar la mezcla del mismo con suelo orgánico, proceso que mejorará las características del suelo y disminuirá la erosión.

4.8 Conclusiones y Recomendaciones de Estudio de Impacto Ambiental

1. Se realizó la descripción de los factores ambientales inmersos en la zona influencia a través de redacción de la línea base del estudio, la cual contiene su inventario de medios físicos, medios bióticos y medios socioeconómicos que serían afectados por la ejecución del proyecto.
2. Se identificaron las actividades del proyecto durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento, añadiendo los posibles impactos potenciales correspondientes a su ejecución.
3. Mediante la realización de una matriz de impacto ambiental, fueron cuantificados los impactos ambientales a generar por las actividades del proyecto, designando valores a características representativas como la duración, probabilidad de ocurrencia, intensidad, recuperación, interacción, relevancia y la magnitud del proyecto. Gracias a la matriz de impacto ambiental, se identificó que los impactos

con más representatividad fueron asociados a manejo de material, movimiento de tierra y uso de maquinarias y equipos.

4. Se propuso un conjunto de medidas ambientales a poner en marcha de acuerdo a los posibles impactos ambientales, a través de la realización de diversos planes de manejo ambiental.
5. De acuerdo con la consulta del tipo de actividad ambiental en el SUIA, el presente proyecto requiere de un registro ambiental, al considerar que se trata de la Construcción y Operación de sistemas integrados de alcantarillados, este tipo de certificado es designado para aquellos proyectos de bajo impacto ambiental. Se recomienda realizar la gestión correspondiente antes del cambio de mandatarios, época donde la legislación ambiental puede sufrir reestructuraciones.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Rubros del proyecto

La ubicación de las soluciones aplicadas en el proyecto permite cuantificar la cantidad de material, equipos, herramientas y mano de obra necesarios para su implementación. Es aquí donde la realización de un análisis de precios unitarios es imprescindible para estimar el presupuesto referencial del proyecto, conociendo este requerimiento, se realizó un listado de rubros.

Tabla 5.1. Listado de Rubros del proyecto

No.	RUBROS	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
1	Obras preliminares		
1.1	Desbroce y limpieza	m2	\$ 1,30
1.2	Trazado y replanteo	m2	\$ 1,23
2	Movimiento de tierras		
2.1	Excavación con retroexcavadora H:0.00 - 2.50m	m3	\$ 3,37
2.2	Excavación manual	m3	\$ 11,70
2.3	Desalojo de material con volqueta	m3	\$ 10,23
2.4	Relleno con arena	m3	\$ 18,71
2.5	Relleno con material granular	m3	\$ 15,76
2.6	Relleno con material para siembra	m3	\$ 14,90
3	Hormigón y mampostería		
3.1	Hormigón armado $f'c=280\text{kg/cm}^2$	m3	\$ 155,30
3.2	Encofrado y desencofrado	m2	\$ 34,73
3.3	Instalación de tubería bajante aguas lluvias 110mm	ml	\$ 11,59
4	Varios		
4.1	Corte, rotura y desalojo de pavimento de hormigón	m3	\$ 31,12
4.2	Suministro e instalación de Geomembrana. E=0.75mm	m2	\$ 8,04
4.3	Levantamiento de Adoquín	m2	\$ 1,63
4.4	Desalojo de Adoquín	m3	\$ 10,91
4.5	Suministro e Instalación de Adoquín Permeable	m2	\$ 15,18
5	Final		
5.1	Limpieza final de obra	m2	\$ 1,52

5.2 Presupuesto total referencial

Posterior a la identificación y cuantificación de precios de rubros, se procedió a estimar el presupuesto para cada solución planteada.

Tabla 5.2. Presupuesto Total Referencial del Proyecto

Obra:

Análisis y diseño de sistema de alcantarillado de aguas lluvias para el área de Ingenierías del Campus Gustavo Galindo

Concepto	Precio total
Campo de infiltración	\$ 15.411,49
Jardín de lluvia	\$ 8.210,30
Adoquín permeable	\$ 432.512,16
Cisterna 6m3	\$ 30.926,29
TOTAL	\$ 487.060,24

Tabla 5.3. Presupuesto total de Solución "Campo de Infiltración"

Obra: Análisis y diseño de sistema de alcantarillado de aguas lluvias para el área de Ingenierías del Campus Gustavo Galindo

Solución: Campo de infiltración

Número de Rubro	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1. Obras Preliminares					
1.1	Desbroce y limpieza	m2	425,34	1,30	\$ 552,94
1.2	Trazado y replanteo	m2	425,34	1,23	\$ 523,17
2. Movimiento de tierras					
2.1	Excavación con retroexcavadora H: 0.00 - 2.50m	m3	319,01	3,37	\$ 1.075,05
2.3	Desalojo de material con volqueta	m3	382,81	10,23	\$ 3.916,11
2.5	Relleno con material granular	m3	334,96	15,76	\$ 5.278,89
4. Varios					
4.3	Suministro e Instalación de Geomembrana E = 0.75mm	m2	425,34	8,04	\$ 3.418,82
5. Final					
5.1	Limpieza final	m2	425,34	1,52	646,52
TOTAL					\$ 15.411,49

Tabla 5.4. Presupuesto total de Solución "Adoquín Permeable"

Obra: Análisis y diseño de sistema de alcantarillado de aguas lluvias para el área de Ingenierías del Campus Gustavo Galindo
 Solución: Adoquín Permeable

Número de Rubro	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1. Obras Preliminares					
1.1	Desbroce y limpieza	m2	11118,45	1,30	\$ 14.453,99
1.2	Trazado y replanteo	m2	11118,45	1,23	\$ 13.675,69
2. Movimiento de tierras					
2.1	Excavación con retroexcavadora H: 0.00 - 2.50m	m3	5003,30	3,37	\$ 16.861,13
2.3	Desalojo de material con volqueta	m3	6003,96	10,23	\$ 61.420,54
2.4	Relleno con arena	m3	1890,14	18,71	\$ 35.364,45
2.5	Relleno con material granular	m3	3557,90	15,76	\$ 56.072,57
2.6	Relleno con material para siembra	m3	667,11	14,90	\$ 9.939,89
4. Varios					
4.1	Corte, rotura y desalojo de hormigón	m3	457,05	31,12	\$ 14.223,37
4.3	Levantamiento de adoquín	m2	8216,55	1,63	\$ 13.392,98
4.4	Desalojo de adoquín	m3	1047,61	10,91	\$ 11.429,43
4.5	Suministro e Instalación de Adoquín Permeable	m2	11118,45	15,18	\$ 168.778,07
5. Final					
5.1	Limpieza final	m2	11118,45	1,52	16900,04
TOTAL					\$ 432.512,16

Tabla 5.5. Presupuesto total de Solución "Jardín de Lluvia"

Obra: Análisis y diseño de sistema de alcantarillado de aguas lluvias para el área de Ingenierías del Campus Gustavo Galindo
 Solución: Jardín de lluvia

Número de Rubro	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1. Obras Preliminares					
1.1	Desbroce y limpieza	m2	334,80	1,30	\$ 435,24
1.2	Trazado y replanteo	m2	334,80	1,23	\$ 411,80
2. Movimiento de tierras					
2.2	Excavación manual	m3	100,44	11,70	\$ 1.175,15
2.3	Desalojo de material con volqueta	m3	120,53	10,23	\$ 1.233,00
2.4	Relleno con arena	m3	20,09	18,71	\$ 375,85
2.5	Relleno con material granular	m3	36,83	15,76	\$ 580,41
2.6	Relleno con material para siembra	m3	53,57	14,90	\$ 798,16
4. Varios					
4.3	Suministro e Instalación de Geomembrana E=0.75mm	m2	334,80	8,04	\$ 2.691,79
5. Final					
5.1	Limpieza final	m2	334,8	1,52	508,90
TOTAL					\$ 8.210,30

Tabla 5.6. Presupuesto total de Solución "Cisterna"

Obra: Análisis y diseño de sistema de alcantarillado de aguas lluvias para el área de Ingenierías del Campus Gustavo Galindo
 Solución: Cisterna

Número de Rubro	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
	1. Obras Preliminares				
1.1	Desbroce y limpieza	m2	11,31	1,30	14,70
1.2	Trazado y replanteo	m2	11,31	1,23	13,91
	2. Movimiento de tierras				
2.1	Excavación manual	m3	16,40	11,70	191,88
2.3	Desalojo de material con volqueta	m3	19,68	10,23	201,33
	3. Hormigón y Mampostería				
3.1	Hormigón armado $f'c=280\text{kg/cm}^2$	m3	6,95	155,3	1079,41
3.2	Encofrado y desencofrado	m2	25,48	34,73	884,92
3.3	Instalación de tubería bajante aguas lluvias 110mm	ml	15	11,59	173,85
	5. Final				
5.1	Limpieza final	m2	11,31	1,52	17,19
				TOTAL	2577,19

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos en el trabajo reflejan la efectividad de implementar soluciones verdes en una zona donde el sistema de alcantarillado pluvial está constituido únicamente por infraestructura gris. Hallándose como principal limitación, la extensión de terreno disponible.

Para las microcuencas del área de estudio, se obtuvo la disminución de hasta el 22% de la escorrentía pico en un evento de lluvia con periodo de retorno $T=10$ años. Adicional a esto, se encontró que en las zonas donde se ha aplicado la solución adoquín permeable, la generación de escorrentía sufrió un retardo de aproximadamente 30 minutos, lo cual implica la alteración del comportamiento hidrológico del terreno intervenido, pero permite amortiguar eventos de gran intensidad y corta duración.

Se encontró que la capacidad de drenaje de las tuberías existentes en el sector del Sweet & Coffee (sector crítico para el estudio debido al historial de problemas por inundación), no es ocupada al 100% sino al 60%. Esto implica la necesidad de considerar variables adicionales en el análisis como la obstrucción de tuberías e interacción entre flujos de microcuencas.

De acuerdo al nivel de implementación realizado, se determinó que las soluciones verdes requieren grandes extensiones de terreno para que estas puedan afectar a la capacidad de infiltración y reducción de escorrentía superficial de una microcuenca. Además, el porcentaje de reducción de escorrentía superficial guarda una relación directamente proporcional al porcentaje de área ocupada por la totalidad de soluciones verdes dispuestas en una microcuenca.

6.2 Recomendaciones

En primera instancia, se recomienda a la Gerencia de Infraestructura de la ESPOL ejecutar un levantamiento completo del sistema de alcantarillado pluvial que incluya: cotas de invert, cotas de lomo; pendiente longitudinales y transversales, longitud, materiales y obstrucciones de tuberías y canales.

Se requiere ejecutar un levantamiento topográfico a detalle del área de ingenierías: cotas de terreno, pendientes de terreno, área ocupada por edificaciones, tipo de superficies permeables e impermeables. Esto debido a que la información del terreno actual (DSM) considera las cotas de las copas de los árboles como cotas del nivel del suelo (DEM) y no posee datos de las áreas ocupadas por diferentes estructuras.

Se recomienda evaluar el desempeño del alcantarillado pluvial para diversos periodos de diseño.

Es de crucial importancia realizar el modelamiento hidrológico a partir de datos meteorológicos de la estación meteorológica ubicada en la facultad FIMCM para la ejecución de proyectos dentro del Campus. Esta información no fue utilizada en este estudio porque no se disponía de datos suficientes para un intervalo de estudio de 10 años, periodo mínimo a emplear en sistemas de alcantarillado.

Se recomienda considerar las obstrucciones de tuberías y canales asociadas a residuos de sedimentos y hojas en próximos análisis, ya que estos afectan al desempeño de los elementos de drenaje superficial.

El funcionamiento de las soluciones verdes fue analizado en función del área destinada a estas. No obstante, su desempeño óptimo se obtendría al involucrar diferentes variables como pendiente del terreno, longitud de la solución implementada, pendiente de la solución, espesores de las capas que conforman y la capacidad de almacenamiento dinámico en un posterior análisis.

En áreas donde no sea posible realizar cambios de uso de suelo para adaptar dicha zona e implementar una solución complementaria, se recomienda analizar el efecto de infraestructura gris para canalizar, retener y almacenar el caudal de la escorrentía superficial.

Se sugiere calibrar el modelo para diferentes periodos de retorno de precipitación, combinaciones de soluciones verdes e involucrando cajas de revisión. Esto porque el desempeño de las soluciones verdes y los elementos de drenaje variaría según las condiciones climatológicas y configuración de la infraestructura gris.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, F. Javier. (1993). *Fundamentos de Hidrología de superficie*. Limsa.
- Balasubramanian, A. (2005). *Floods as Natural Hazards*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18898.96962>
- Calaza Martínez, P. (2019). Guía de la infraestructura verde municipal. *Aseja*, 520.
- Chahar, B. R., Grailot, D., & Gaur, S. (2012). Storm-Water Management through Infiltration Trenches. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138(3), 274–281. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ir.1943-4774.0000408](https://doi.org/10.1061/(asce)ir.1943-4774.0000408)
- Chauvet, D. W. (2005). Del caos al orden. Guayaquil y su desarrollo urbano actual. From chaos to orden Guayaquil and its current urban development.
- Cheremisinoff, N. P. (1997). Principles of Hydrogeology. In *Groundwater Remediation and Treatment Technologies*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-081551411-4.50005-3>
- Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T., Zheng, D., Xu, Y., & Xu, C.-Y. (2012). Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 464–465. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.06.057>
- Engineering and Asset Management Unit Geo-Environmental Section. (2014). *Hydraulics Design Manual*.
https://www.oregon.gov/odot/GeoEnvironmental/Docs_Hydraulics_Manual/HDM_Complete.pdf

- Epa, U., of Research, O., Supply, W., & Resources Division, W. (1971). *Storm Water Management Model Reference Manual Volume III-Water Quality Office of Research and Development Water Supply and Water Resources Division*.
www.epa.gov/water-research
- Epa, U., of Research, O., Supply, W., & Resources Division, W. (2015). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1 Office of Research and Development Water Supply and Water Resources Division*.
- Gehrels, H., Meulen, S. Van Der, Schasfoort, F., Goossens, M., Jacobs, C., Jong, M. De, Kok, S., Massop, H., Osté, L., Pérez-soba, M., Rovers, V., Smit, A., Verweij, P., Vries, B. De, & Weijers, E. (2016). Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living. *Applied Research Organisation, June*.
- Grandal, D. (2019). New Orleans Strategic Pathways—Using Blue and Green Infrastructure to Create a Resilient Future. *World Environmental and Water Resources Congress 2019*, 119–126. <https://doi.org/10.1061/9780784482339.013>
- Guachamín, W., García, F., Arteaga, M., & Cadena, J. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*.
- Hagekhalil, A., Kharaghani, S., Tam, W., Haimann, R., & Susilo, K. (2014). Becoming the Green-Blue City. *Civil Engineering Magazine Archive*, 84(11), 68–91.
<https://doi.org/10.1061/ciegag.0000516>
- Heber Green, W., & Ampt, G. A. (1911). Studies on Soil Physics. *The Journal of Agricultural Science*, 4(1). <https://doi.org/10.1017/S0021859600001441>
- Huq, E., & Abdul-Aziz, O. I. (2021). Climate and land cover change impacts on stormwater runoff in large-scale coastal-urban environments. *Science of The Total Environment*, 778. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146017>
- Interagua. (2016). Normas y criterios de diseño para acueducto y alcantarillado en la ciudad de Santiago de Guayaquil.
- Jang, S., Cho, M., Yoon, J., Yoon, Y., Kim, S., Kim, G., Kim, L., & Aksoy, H. (2007). Using SWMM as a tool for hydrologic impact assessment. *Desalination*, 212(1–3).
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.05.005>
- Jeníček, M. (2006). Rainfall-runoff modelling in small and middle-large catchments - An overview. In *Geografie-Sbornik CGS* (Vol. 111, Issue 3, pp. 305–313).
<https://doi.org/10.37040/geografie2006111030305>
- Kabir, T., Abimbola, ·, Oyeyi, G., Al-Bayati, H., Tighe, S., Hein, D. K., & Eng, P. (2014). *Permeable Pavement Design and Construction case studies in North America*.

- Kuichling, E. (1889). The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous district. *Transactions, American Society of Civil Engineers*, 20, 1–50.
- Messner, F., & Meyer, V. (2006). Flood damage, vulnerability and risk perception – Challenges for flood damage research. In *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*. Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4598-1_13
- National Resources Conservation Service. (2005). *Rain Gardens*. www.raingardens.org
- Nimmo, J. R. (2009). Vadose Water. In *Encyclopedia of Inland Waters*. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00014-4>
- Oueslati, W., Alvanides, S., & Garrod, G. (2015). Determinants of urban sprawl in European cities. *Urban Studies*, 52(9). <https://doi.org/10.1177/0042098015577773>
- Pandey, A. C., & Kumar, A. (2017). *Evaluation of flood impacts vis-à-vis urban sprawl and changing climate in Srinagar city and its environs*.
<https://www.researchgate.net/publication/318340437>
- Plate, E. J. (2002). Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology*, 267(1–2).
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00135-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00135-X)
- Rubio Ramírez, M. R. (2021). *Estimación del Coeficiente de Escorrentía “C” y su análisis a través de variables determinantes de la respuesta hidrológica mediante el estudio de tres cuencas urbanas de la ciudad de Cuenca-Ecuador*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36089>
- Semadeni-Davies, A., Hernebring, C., Svensson, G., & Gustafsson, L.-G. (2008). The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Suburban stormwater. *Journal of Hydrology*, 350(1–2).
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.11.006>
- Sörensen, J., & Emilsson, T. (2019a). Evaluating Flood Risk Reduction by Urban Blue-Green Infrastructure Using Insurance Data. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 145(2), 04018099. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001037](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001037)
- Sörensen, J., & Emilsson, T. (2019b). Evaluating Flood Risk Reduction by Urban Blue-Green Infrastructure Using Insurance Data. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 145(2), 04018099. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001037](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001037)
- Taghizadeh, S., Khani, S., & Rajaei, T. (2021). Hybrid SWMM and particle swarm optimization model for urban runoff water quality control by using green

- infrastructures (LID-BMPs). *Urban Forestry & Urban Greening*, 60.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127032>
- Theodosiou, T. (2009). Green Roofs in Buildings: Thermal and Environmental Behaviour. *Advances in Building Energy Research*, 3(1).
<https://doi.org/10.3763/aber.2009.0311>
- Thompson, D. B. (2006). *The Rational Method*.
- United States Department of Agriculture. (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds*.
- United States Department of Agriculture. (1989). *Module 104 - Runoff Curve Number Computations*.
- United States Department of Agriculture. (2007). *Chapter 7 Hydrologic Soil Groups*.
- United States Department of Agriculture. (2007). *Bioswales*.
- United States Environmental Protection Agency. (2009). *What is a Rain Barrel?*
- Ven Te Chow, & Maidment, D. M. (1994). *Ven Te Chow - Hidrologia aplicada-McGraw-Hill (2007)*.
- Wang, M., Fang, Y., & Sweetapple, C. (2021). Assessing flood resilience of urban drainage system based on a 'do-nothing' benchmark. *Journal of Environmental Management*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112472>
- Warren Viessman, Jr., Lewis, G. L., & Knapp, J. W. (1989). *Introduction to Hydrology-Harpercollins College Div (Fourth Edition)*.
- Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin Black, P., Jefferies, C., Bray, R., & Shaffer, P. (2007). *The SuDS Manual*. www.ciria.org
- Yépez, J. M. (2021, March 21). *Guayaquil se inunda por mareas altas y falta de drenaje*.
- Zope, P. E., Eldho, T. I., & Jothiprakash, V. (2016). Impacts of land use–land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India. *CATENA*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.06.009>

ANEXOS – EVALUACIÓN IMPACTO AMBIENTAL

FORMULARIO DE REGISTRO AMBIENTAL

TRAMITE(suía)	Registro ambiental
FECHA	30 de agosto del 2021
PROPONENTE	Joel Guevara Lucín
ENTE RESPONSABLE	Escuela Superior Politécnica del Litoral

1. INFORMACION DEL PROYECTO					
Registro Ambiental 1. <u>Información del proyecto</u> 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización	1.1 PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD (Fases y nombre proyecto) Análisis y diseño de sistema de alcantarillado de aguas lluvias ara el área de ingenierías del Campus Gustavo Galindo				
	1.2 ACTIVIDAD ECONOMICA (Según Catalogo de proyecto, obra o actividad) <table border="1"> <tr> <td>Código de catalogo</td> <td>Construcción y Operación de sistemas Integrados de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado (no incluye planta de tratamiento de aguas residuales)</td> </tr> <tr> <td>23.4.2.2.1</td> <td></td> </tr> </table>	Código de catalogo	Construcción y Operación de sistemas Integrados de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado (no incluye planta de tratamiento de aguas residuales)	23.4.2.2.1	
	Código de catalogo	Construcción y Operación de sistemas Integrados de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado (no incluye planta de tratamiento de aguas residuales)			
	23.4.2.2.1				
1.3 RESUMEN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD (Según Catalogo de proyecto, obra o actividad) El proyecto consiste en realizar el diseño del sistema de aguas lluvias del área de ingenierías del Campus Gustavo Galindo ESPOL, cumpliendo con las normativas vigentes y así controlar, contener y aprovechar la precipitación y posterior escorrentía superficial					

2. DATOS GENERALES			
Registro Ambiental 1. Información del proyecto 2. <u>Datos generales</u> 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación	SISTEMA DE COORDENADAS (WGS-84)		
	ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTITUD (msnm)
	614 600	9 763 200	30 - 118
	616 000	9 763 200	
	614 600	9 762 200	
616 000	9 762 200		
ESTADO DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD (FASE)			
<input checked="" type="checkbox"/>	Construcción		
<input type="checkbox"/>	Rehabilitación y/o Ampliación		
<input type="checkbox"/>	Operación y mantenimiento		

6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. finalización	<input type="checkbox"/> Cierre y Abandono		
	DIRECCION DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD Escuela Superior Politécnica del Litoral Campo Gustavo Galindo. KM 30,5 VIA PERIMETRAL,		
	PROVINCIA Guayas	CANTON Guayaquil	PARROQUIA Tarqui
	TIPO DE ZONA Urbana <input checked="" type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/>		

Registro Ambiental 1. Información del proyecto 2. <u>Datos generales</u> 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización	DATOS DEL PROMOTOR					
	NOMBRE M. Sc. Bethy Merchán					
	CORREO ELECTRONICO DEL PROMOTOR betgumer@espol.edu.ec		TELEFONO/CELULAR 0986936301			
	DOMICILIO DEL PROMOTOR Guaranda - Bolívar					
	CARACTERISTICAS DE LA ZONA Infraestructura: <input type="checkbox"/> Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Otros: Saneamiento (Desechos sólidos)					
	DESCRIPCION DE LA ZONA					
	ESPACIO FISICO DEL PROYECTO					
	Área del proyecto (m ²)		200 000	Área de implantación (m ²)		90 000
	Agua potable	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	Consumo de agua por mes (m ³)		-
	Energía eléctrica	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	Consumo energía eléctrica por mes (Kw/h)		-
	Acceso vehicular	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	Tipo de vías:		<input checked="" type="checkbox"/>
	Alcantarillado	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	Vías Principales		<input checked="" type="checkbox"/>
	SITUACION DEL PREDIO					
	<input type="checkbox"/> Alquiler					
	<input type="checkbox"/> Concesionadas					
<input checked="" type="checkbox"/> Propia						
<input type="checkbox"/> Otros						

Registro Ambiental 1. Información del proyecto	3. MARCO LEGAL REFERENCIAL Usted deberá ajustarse al siguiente marco legal	
	NORMATIVAS	
	Constitución de la República del Ecuador Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del	

<p>2. Datos generales</p> <p>3. <u>Marco legal referencial</u></p> <p>4. Descripción del proceso</p> <p>5. Descripción del área de implantación</p> <p>6. Principales impactos ambientales</p> <p>7. Plan de manejo ambiental (PMA)</p> <p>8. Inventario forestal</p> <p>9. Finalización</p>	<p>patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.</p> <p>Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.</p> <p>Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural</p>
	<p>Ley de Gestión Ambiental</p>
	<p>Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.</p> <p>Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo</p>
	<p>Ley de Fomento y Desarrollo Agropecuario</p>
	<p>Art. ...- Los centros agrícolas, cámaras de agricultura y organizaciones campesinas sujetas de crédito del Banco Nacional de Fomento y las empresas importadoras de maquinaria, equipos, herramientas e implementos de uso agropecuario, nuevos de fábrica, podrán también importar dichos bienes reconstruidos o repotenciados, que no se fabriquen en el país, dotados de los elementos necesarios para prevenir la contaminación del medio ambiente, previa autorización del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con la obligación de mantener una adecuada provisión y existencia de repuestos para estos equipos, así como del suministro de servicios técnicos de mantenimiento y reparación durante todo el período de vida útil de estos bienes, reconociéndose como máximo para el efecto, el período de diez años desde la fecha de la importación. El Ministerio de Agricultura y Ganadería sancionará a las empresas importadoras de equipos reconstruidos o repotenciados, que no suministren inmediatamente los repuestos o servicios, con una multa de mil a cinco mil dólares de los Estados Unidos de Norteamérica y, dichas empresas quedarán obligadas a indemnizar al comprador tanto por daño emergente como por lucro cesante, por todo el tiempo que la maquinaria o equipos estuvieren paralizados por falta de repuestos o servicios de reparación</p>
	<p>Acuerdo Ministerial 134</p>
	<p>Mediante Acuerdo Ministerial 134 publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 812 de 18 de octubre de 2012, se reforma el Acuerdo Ministerial No. 076, publicado en Registro Oficial Segundo Suplemento No. 766 de 14 de agosto de 2012, se expidió la Reforma al artículo 96 del Libro III y artículo 17 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3516 de Registro Oficial Edición Especial No. 2 de 31 de marzo de 2003; Acuerdo Ministerial No. 041, publicado en el Registro Oficial No. 401 de 18 de agosto de 2004; Acuerdo Ministerial No. 139, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 164 de 5 de abril de 2010, con el cual se agrega el Inventario de Recursos Forestales como un capítulo del Estudio de Impacto Ambiental</p>
	<p>Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas</p>
	<p>Art. 150.- Los constructores y contratistas respetarán las ordenanzas municipales y la legislación ambiental del país, adoptarán como principio la minimización de residuos en la ejecución de la obra. Entran dentro del</p>

	<p>alcance de este apartado todos los residuos (en estado líquido, sólido o gaseoso) que genere la propia actividad de la obra y que en algún momento de su existencia pueden representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores o del medio ambiente.</p> <p>Art. 151.- Los constructores y contratistas son los responsables de la disposición e implantación de un plan de gestión de los residuos generados en la obra o centro de trabajo que garantice el cumplimiento legislativo y normativo vigente</p>
	<p>Acuerdo Ministerial No. 061</p> <p>Art. 262 "De los Informes Ambientales de Cumplimiento.- Las actividades regularizadas mediante un Registro Ambiental serán controladas mediante un Informe Ambiental de Cumplimiento, inspecciones, monitoreos y demás establecidos por la Autoridad Ambiental Competente.</p> <p>Estos Informes, deberán evaluar el cumplimiento de lo establecido en la normativa ambiental, plan de manejo ambiental, condicionantes establecidas en el permiso ambiental respectivo y otros que la autoridad ambiental lo establezca. De ser el caso el informe ambiental contendrá un Plan de Acción que contemple medidas correctivas y/o de rehabilitación.</p> <p>Art. 263 De la periodicidad y revisión.- Sin perjuicio que la Autoridad Ambiental Competente pueda disponer que se presente un Informe Ambiental de Cumplimiento en cualquier momento en función del nivel de impacto y riesgo de la actividad, una vez cumplido el año de otorgado el registro ambiental a las actividades, se deberá presentar el primer informe ambiental de cumplimiento; y en lo posterior cada dos (2) años contados a partir de la presentación del primer informe de Cumplimiento.</p>
	<p>Reglamento para Funcionamiento de Aeropuertos en Ecuador</p>
	<p>Ordenanza que Regula la Aplicación del Subsistema de Manejo Ambiental, Control y Seguimiento Ambiental en el cantón Guayaquil</p>
	<p>He leído y comprendo las Normativas <input checked="" type="checkbox"/></p>

4. DESCRIPCION DE PROCESOS – FASES			
	MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS	ACTIVIDAD	IMPACTOS POTENCIALES
<p>Registro Ambiental</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. <u>Descripción del proceso</u> 5. Descripción del área de implantación 	<p>Maquinaria: retroexcavadora, concretera, tanquero de agua, pala de carga, volqueta.</p> <p>Insumo: agregados finos y gruesos, cemento, agua, aditivos, PVC, combustible.</p> <p>Equipos: Herramientas menores, vibrador.</p>	<p>Rehabilitación de instalaciones de AALL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desalojo de canales • Excavación y movimiento de tierras • Instalación de sistema AALL 	<p>Alteración del suelo. Contaminación del aire por material particulado y gases de combustión de vehículo pesado</p> <p>Contaminación del aire por ruido y particulado suspendido</p> <p>Contaminación del suelo.</p> <p>Riesgos de accidentes por falta de IPP del personal.</p> <p>Riesgos de accidentes por falta</p>

6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización	Maquinaria: retroexcavadora, volqueta. Insumo: combustible, agua, material granular Equipos: Herramientas menores.	Construcción de campo de infiltración <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza y preparación del área • Trazado y replanteo • Excavación y desalojo • Relleno de material granular 	de señalización y material de desalojo. Alteración del suelo. Contaminación del aire por material particulado y gases de combustión de vehículo pesado Contaminación acústica Contaminación del suelo. Riesgos de accidentes por falta de IPP del personal. Riesgos de accidentes por falta de señalización y material de desalojo.
	Maquinaria: retroexcavadora, volqueta, Carretilla, pala de carga Insumo: agregado finos y gruesos, agua, aditivo, combustible, tierra de sembrado Equipos: Herramientas menores	Suministro e instalación de Adoquín permeable <ul style="list-style-type: none"> • Corte y rotura de pavimento • Retiro de adoquines existente • Excavación y movimiento de tierra • Relleno • Colocación de adoquín permeable • Relleno de tierra de sembrado 	Alteración del suelo intervenido Contaminación de suelo por derrame de combustible y aceites Contaminación del aire por material particulado y gases de combustión de vehículo pesado Contaminación acústica por ruido de vehículos Riesgos de accidentes por falta de IPP del personal. Riesgos de accidentes por falta de señalización y material de desalojo.
	Maquinaria: retroexcavadora, grúa. Insumo: combustible, agua, arboles Equipos: Herramientas menores	Instalación de jardines de lluvia <ul style="list-style-type: none"> • Retiro y limpieza • Preparación de terreno • Trasplante 	Alteración del suelo. Contaminación del aire por material particulado y gases de combustión de vehículo pesado Contaminación del aire por ruido y particulado suspendido

Registro Ambiental 1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del <u>área de implantación</u> 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización	5. DESCRIPCION DEL AREA DE IMPLANTACION	
	CLIMA	
	Clima	<input type="checkbox"/> Cálido - húmedo <input checked="" type="checkbox"/> Cálido - seco
	Tipo de Suelo	
	Tipo de suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Arcilloso <input type="checkbox"/> Arenosos <input type="checkbox"/> Francos <input checked="" type="checkbox"/> Rocosos <input type="checkbox"/> Saturados <input type="checkbox"/> Otros
	Pendiente del Suelo	
	Pendiente del suelo	<input type="checkbox"/> Llano (pendiente menor al 30%) <input type="checkbox"/> Montañoso (terreno quebrado) <input checked="" type="checkbox"/> Ondulado (pendiente mayor al 30%)
	Demografía (población más cercana)	
	Demografía	<input type="checkbox"/> Entre 0 y 1.000 hbts. <input type="checkbox"/> Entre 1.001 y 10.000 hbts. <input checked="" type="checkbox"/> Entre 10.001 y 100.000 hbts. <input type="checkbox"/> Más de 100.000 hbts.
Registro Ambiental	Abastecimiento de agua población	
		<input type="checkbox"/> Agua lluvia <input checked="" type="checkbox"/> Agua potable

1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del <u>área de implantación</u> 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización	Abastecimiento de agua población	<input type="checkbox"/>	Conexión domiciliaria	<input type="checkbox"/>	Cuerpo de aguas superficiales	
		<input type="checkbox"/>	Grifo publico	<input type="checkbox"/>	Pozo profundo	
		<input type="checkbox"/>	Tanquero			
	Evacuación de aguas servidas población					
	Evacuación de aguas servidas población	<input checked="" type="checkbox"/>	Alcantarillado	<input type="checkbox"/>	Cuerpos de aguas superficiales	
		<input type="checkbox"/>	Fosa séptica	<input type="checkbox"/>	Letrina	
		<input type="checkbox"/>	Ninguno			
	Electrificación					
	Electrificación	<input checked="" type="checkbox"/>	Planta eléctrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Red publica	
	<input type="checkbox"/>	Otra				
Vialidad y acceso a la población						
Vialidad y acceso a la población	<input type="checkbox"/>	Caminos vecinales	<input checked="" type="checkbox"/>	Vías principales		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Vías secundarias	<input type="checkbox"/>	Otras		
Organización social						
Organización social	<input type="checkbox"/>	Primer grado (comunal, barrial, urbanización)	<input type="checkbox"/>	Segundo grado (Cooperativa, Pre-cooperativa)		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Tercer grado (Asociaciones, recintos)				
Componente fauna						
Piso zoo geográfico donde se encuentra el proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	Tropical Noroccidental (0-800 msnm)				
	<input type="checkbox"/>	Tropical Oriental (0-800 msnm)				

Grupos faunísticos	<input checked="" type="checkbox"/> Anfibios	<input checked="" type="checkbox"/> Aves
	<input checked="" type="checkbox"/> Insectos	<input checked="" type="checkbox"/> Mamíferos
	<input type="checkbox"/> Peces	<input checked="" type="checkbox"/> Reptiles
	<input type="checkbox"/> Ninguna	

6. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES MATERIALES E INSUMOS			IMPACTO
Registro Ambiental	ACTIVIDAD	FACTOR	
1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza y desbroce 	Flora Fauna	Retiro de flora endémica y alteración del hábitat de fauna silvestre Perturbación del paisaje
	<ul style="list-style-type: none"> • Trazado y replanteo 	Suelo Humano	Contaminación del suelo por utilización de cal Problemas respiratorios del personal
	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de materiales de construcción 	Agua Suelo Aire	Cambios en los patrones de drenaje Emisiones de material particulado, gases, ruido Cambios en la calidad del suelo Salud y seguridad de los trabajadores. Generación de empleo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento de Maquinaria y Equipo 	Humano Suelo Aire	Generación de empleo Contaminación acústica por motores de combustión Contaminación del aire por suspensión de material particulado
	<ul style="list-style-type: none"> • Excavación y movimiento de tierras 	Suelo Aire	Contaminación del aire por suspensión de material particulado. Contaminación acústica por motores de combustión Derrame de combustibles y aceites de vehículos automotores en suelo
	<ul style="list-style-type: none"> • Relleno y compactación 	Aire Suelo Humano	Contaminación del aire por partículas de material en suspensión Erosión del suelo subyacente
	<ul style="list-style-type: none"> • Fundición de hormigón premezclado 	Suelo Humano Flora Aire	Erosión del suelo por remoción de cobertura vegetal existente Emanación de gases por proceso exotérmico de mezcla Derrame de residuos al terreno natural Solidificación de mezcla derramada

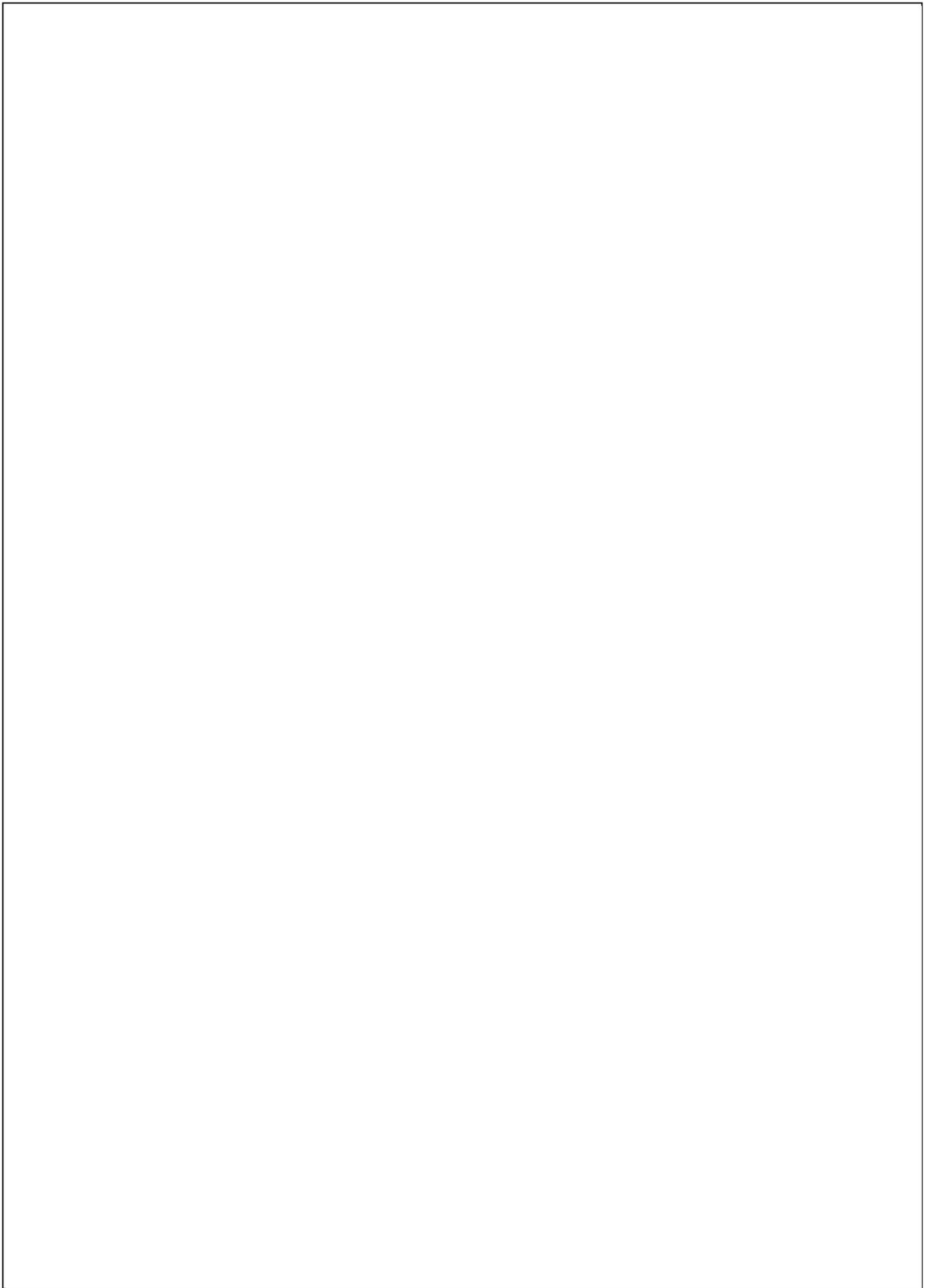
	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de tuberías 	<p>Suelo Flora Agua</p>	<p>Contaminación del suelo por mal manejo de desperdicios Mejora de conducción de agua</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de cisternas 	<p>Suelo Flora Humano</p>	<p>Retiro de flora superficial Daño mecánico de raíces de árboles nativos Almacenamiento de agua lluvia para uso local Erosión de suelo por remoción de suelo existente</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Corte, rotura y desalojo de pavimento 	<p>Suelo Humano</p>	<p>Erosión de suelo por remoción de suelo existente Deterioro de la zona donde se arrojan los residuos</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro e instalación de Geomembrana y adoquín 	<p>Suelo Flora</p>	<p>Cambios en patrón de infiltración y escorrentía superficial Retiro de flora superficial</p>

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Registro Ambiental	7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (ingresar los planes que apliquen a su proyecto, obra o actividad)				
	Plan de prevención y mitigación de impactos (PPM)				
	Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Presupuesto
1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. <u>Plan de manejo ambiental (PMA)</u> 8. Inventario forestal 9. Finalización	Operación y mantenimiento de maquinaria y equipo Todo vehículo para transporte de materiales debe contar con lona debidamente ajustada y en buen estado. La reparación de todo equipo que presente fallas o averías debe evaluarse para constatar si requiere ser cambiado. Los equipos y maquinarias deberán ser manejados únicamente por los operadores asignados.	Mecánico Constructor Fiscalizador	Mes 1	Mes 6	\$2783.52
	Derrame de combustibles y aceites en suelo Previo a la llegada de maquinarias y equipos al sitio, deberán ser revisados por el contratista para evitar reparaciones no deseados en el transcurso del proyecto.	Contratista	Mes 1	Mes 6	\$975.07
	Generación de ruidos y gases El personal deberá utilizar EPP y mascarillas con filtros, si ejercerán labores cerca de fuentes de ruido y gases.	Fiscalizador Residente de obra	Mes 1	Mes 6	\$1952.64
	Levantamiento de material particulado a causa de maquinarias o equipos Cuando se trabaje con agregados, primero se realizará un riego superficial con agua, para reducir la	Maestro de obra Obreros	Mes 1	Mes 6	\$1763.90

generación de material particulado.				
Plan de manejo de desechos (PMD)				
Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Presupuesto
Derrame de combustibles y aceite en suelo Se utilizará polímeros absorbentes para captar el derrame de combustible y aceite en un elemento, luego se recolectará en contenedores con la respectiva identificación. Estos serán recogidos por un agente externo que pueda tratarlos correctamente.	Residente de obra Obreros	Mes 1	Mes 6	\$975.07
Manejo de desechos de construcción y escombros Todo desecho, residuo o escombros será ubicado en un lugar designado por la fiscalización del proyecto. Se programará un horario específico para la recolección de residuos, desechos y escombros, por parte de un agente externo.	Fiscalizador Residente de obra Obreros	Mes 1	Mes 7	\$3195.46
Plan de relaciones comunitarias (PRC)				
Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Presupuesto
Información y participación ciudadana Programar reuniones con diversos grupos de trabajadores para comunicar las medidas y procedimientos ambientales a seguir y ejecutar.	Asesor ambiental	Mes 1	Mes 2	\$830.76
Plan de contingencias (PC)				
Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Presupuesto
Accidentes laborales	Residente de obra	Mes 1	Mes 6	\$814.91

	Contar con un botiquín de primeros auxilios en el campamento de obra	Maestro de obra			
	Derrame de desechos combustibles y aceites Ejecutar inmediatamente el recubrimiento de la zona afectada con polímeros o aserrín, para absorber los desechos.	Residente de obra Fiscalizador	Mes 1	Mes 6	\$836.85
	Retiro de flora nativa Se realizará la evaluación cuantitativa y cualitativa de la flora nativa desbrozada para ejecutar la respectiva remediación	Asesor ambiental Fiscalizador	Mes 1	Mes 6	\$872.29
Plan de comunicación y capacitación (PCC)					
	Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Presupuesto
	Capacitación y entrenamiento ambiental Preparar información técnica y no técnica para difundir sobre las medidas adoptadas en la ejecución del proyecto.	Asesor ambiental	Mes 6	Mes 7	\$830.76
Plan de seguridad y salud ocupacional (PSSO)					
	Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Presupuesto
	Control de riesgo Se verificará que el personal asignado sea el único en operar maquinaria y equipos. Todo personal en obrar deberá utilizar su EPP.	Residente de obra	Mes 1	Mes 6	\$279.31
Plan de monitoreo y seguimiento (PMS)					
	Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Presupuesto
	Control de polvo Será constatado si es aplicada la recomendación de regar superficialmente el suelo antes de removerlo u añadirlo	Asesor ambiental Residente de obra	Mes 1	Mes 3	\$924.93



ANEXOS - APUS

Rubro:	1.1					
Detalle:	Desbroce y Limpieza					
Unidad:	m2					
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramientas menores					0.01	
SUBTOTAL [E]					0.01	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Peón	2	3.62	7.24	0.02	1.05	
SUBTOTAL [MO]					1.05	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
-		0	0	0	0	
					0	
					0	
					0	
SUBTOTAL [MA]					0	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
SUBTOTAL [T]					0	
COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)					1.06	
GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)					0.06	
UTILIDAD (UT). 4% * (CD)					0.04	
OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)					0.11	
COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD					1.27	
VALOR OFERTADO					1.27	

Rubro:	1.2						
Detalle:	Trazado y replanteo						
Unidad:	m2						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Teodolito	1	6.88	6.88	0.02	0.138		
Herramientas menores					0.020		
SUBTOTAL [E]					0.158		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Cadenero	3	3.66	10.98	0.02	0.220		
Topógrafo	1	4.06	4.06	0.02	0.081		
SUBTOTAL [MO]					0.301		
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
Estaca	U	0.02	0.15	0.003			
Cal (50kg)	SACO	0.05	5.97	0.299			
SUBTOTAL [MA]					0.302		
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
SUBTOTAL [T]					0		
				COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)	0.76		
				GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)	0.05		
				UTILIDAD (UT). 4% * (CD)	0.03		
				OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)	0.08		
				COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD	0.91		
				VALOR OFERTADO	0.91		

Rubro:	2.1						
Detalle:	Excavación de zanja con retroexcavadora						
Unidad:	m3						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Retroexcavadora	1	35	35	0.03	1.05		
SUBTOTAL [E]					1.05		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Peón	2	3.62	7.24	0.03	0.22		
Operador equipo pesado	1	4.06	4.06	0.03	0.12		
SUBTOTAL [MO]					0.34		
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
SUBTOTAL [MA]					0		
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
SUBTOTAL [T]					0		
				COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)	1.39		
				GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)	0.08		
				UTILIDAD (UT). 4% * (CD)	0.06		
				OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)	0.14		
				COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD	1.67		
				VALOR OFERTADO	1.67		

Rubro:	2.2						
Detalle:	Excavación manual						
Unidad:	m3						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Herramientas menores					0.45		
SUBTOTAL [E]					0.45		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Peón	3	3.62	10.86	0.06	7.08		
SUBTOTAL [MO]					7.08		
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
SUBTOTAL [MA]					0		
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
SUBTOTAL [T]					0		
				COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)	7.53		
				GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)	0.45		
				UTILIDAD (UT). 4% * (CD)	0.30		
				OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)	0.75		
				COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD	9.03		
				VALOR OFERTADO	9.03		

Rubro:	2.3					
Detalle:	Desalajo de material con volqueta					
Unidad:	m3					
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramientas menores					0.22	
SUBTOTAL [E]					0.22	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Chofer Volqueta	3	4.06	12.18	0.04	0.487	
Peón	1	3.62	3.62	0.04	0.145	
SUBTOTAL [MO]					0.632	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
SUBTOTAL [MA]					0	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
Volqueta 8m3	U	0.20	30.00	6.00		
SUBTOTAL [T]					6	
				COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)	6.85	
				GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)	0.41	
				UTILIDAD (UT). 4% * (CD)	0.27	
				OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)	0.69	
				COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD	8.22	
				VALOR OFERTADO	8.22	

Rubro:	2.4					
Detalle:	Relleno con arena					
Unidad:	m3					
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramientas menores					0.14	
SUBTOTAL [E]					0.14	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Albañil	1	3.66	3.66	0.05	0.183	
Peón	2	3.62	7.24	0.05	0.362	
SUBTOTAL [MO]					0.545	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
Arena	m3	1.05	13.5	14.175		
SUBTOTAL [MA]					14.175	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
SUBTOTAL [T]					0	
			COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)		14.86	
			GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)		0.89	
			UTILIDAD (UT). 4% * (CD)		0.59	
			OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)		1.49	
			COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD		17.83	
			VALOR OFERTADO		17.83	

Rubro:	2.5					
Detalle:	Relleno con material granular					
Unidad:	m3					
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramientas menores						0.14
Compactador pequeño manual	1	3	3	0.1		0.3
SUBTOTAL [E]						0.44
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Albañil	0.2	3.66	0.732	0.05		0.04
Peón	2	3.62	7.24	0.05		0.36
SUBTOTAL [MO]						0.40
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
Piedra chispa	m3	1.05	11.5			12.08
SUBTOTAL [MA]						12.08
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
SUBTOTAL [T]						0
				COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)		12.91
				GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)		0.77
				UTILIDAD (UT). 6% * (CD)		0.77
				OTROS INDIRECTOS (OI). 5% * (CD)		0.65
				COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD		15.11
				VALOR OFERTADO		15.11

Rubro:	2.6					
Detalle:	Relleno con material para siembra					
Unidad:	m3					
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta menor 5%						0.05
Retroexcavadora 75 HP	1	35	35	0.16		5.6
SUBTOTAL [E]						5.65
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Peón	2	3.62	7.24	0.15		1.086
Maestro de obra	0.1	3.66	0.366	0.075		0.027
SUBTOTAL [MO]						1.113
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
Tierra de sembrado	m3	1.05	8.62			9.05
Césped	m2	0.5	4.05			2.03
SUBTOTAL [MA]						11.08
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
						0.00
SUBTOTAL [T]						0
			COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)			17.84
			GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)			1.07
			UTILIDAD (UT). 4% * (CD)			0.71
			OTROS INDIRECTOS (OI). 5% * (CD)			0.89
			COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD			20.52
			VALOR OFERTADO			20.52

Rubro:	3.1						
Detalle:	Hormigón premezclado f'c=210kg/cm2						
Unidad:	m3						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Herramienta menor 5%					0.74		
SUBTOTAL [E]						0.74	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Peón	2	3.62	7.24	0.67	4.851		
Albañil	1	3.66	3.66	0.67	2.452		
Maestro	1	3.66	3.66	0.1	0.366		
SUBTOTAL [MO]						7.669	
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
Hormigón premezclado f'c=210kg/cm2	m3	1.05	120	126.00			
SUBTOTAL [MA]						126	
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
				0.00			
SUBTOTAL [T]						0	
COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)					134.41		
GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)					8.06		
UTILIDAD (UT). 4% * (CD)					5.38		
OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)					13.44		
COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD					161.29		
VALOR OFERTADO					161.29		

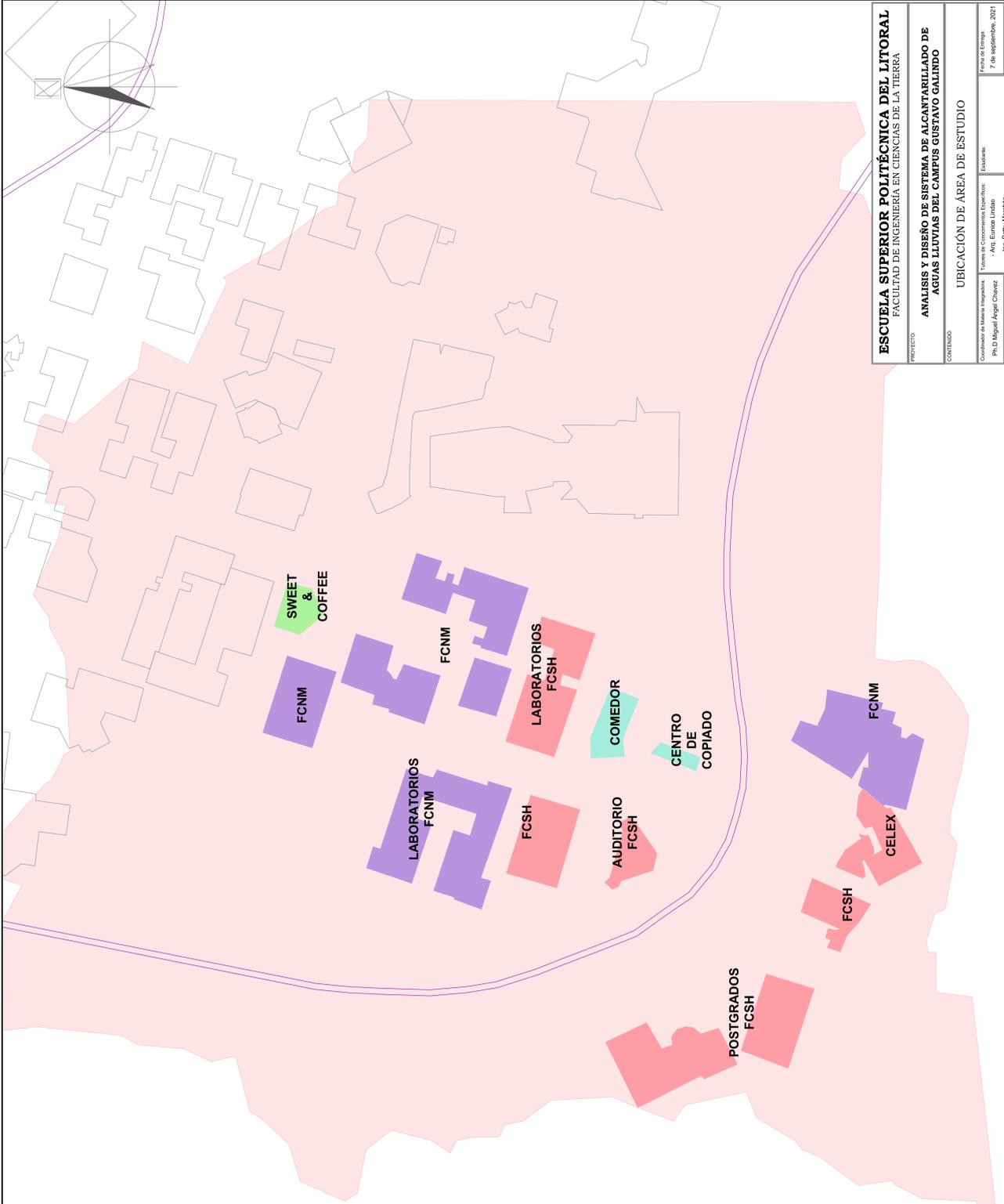
Rubro:	3.2						
Detalle:	Instalación de tubería bajante aguas lluvias 110mm						
Unidad:	ml						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Herramienta menor 5%							0.01
SUBTOTAL [E]							0.01
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Peón	1	3.62	3.62	0.03	0.109		
Plomero	1	4.04	4.04	0.03	0.121		
SUBTOTAL [MO]							0.230
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
Tuvo PVC NOVAFORT 100mm	ml	1	9.42	9.42			
SUBTOTAL [MA]							9.42
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
							0.00
SUBTOTAL [T]							0
				COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)			9.66
				GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)			0.58
				UTILIDAD (UT). 4% * (CD)			0.39
				OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)			0.97
				COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD			11.59
				VALOR OFERTADO			11.59

Rubro:	3.3						
Detalle:	Colocación de Tanque de 55 galones y codo de bajante 45 grados						
Unidad:	U						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Herramientas menores							0.35
SUBTOTAL [E]							0.35
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Plomero	1	3.68	3.68	0.05	0.18		
Peón	2	3.62	7.24	0.05	0.36		
SUBTOTAL [MO]							0.55
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
Codo bajante 45 grados	u	1	3.69	3.69			
Tanque de 55 galones	u	1	33.91	33.91			
SUBTOTAL [MA]							37.60
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
SUBTOTAL [T]							0
				COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)			38.50
				GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)			2.31
				UTILIDAD (UT). 4% * (CD)			1.54
				OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)			3.85
				COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD			46.20
				VALOR OFERTADO			46.20

Rubro:	4.1						
Detalle:	Corte, rotura y desalojo de hormigón simple						
Unidad:	m2						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Herramientas menores							0.35
Volqueta 8m3	1	25	25	0.33			8.25
Retroexcavadora gallineta con martillo	1	26.4	26.4	0.33			8.712
Cortadora de hormigón	1	4.13	4.13	0.33			1.36
							0
SUBTOTAL [E]							18.67
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Maestro	0.1	3.66	0.366	0.33			0.121
Peón	2	3.62	7.24	0.33			2.389
Operador de equipo liviano	1	3.65	3.65	0.33			1.205
Chofer de Volqueta	1	5.29	5.29	0.33			1.746
Operado retroexcavadora	1	4.04	4.04	0.33			1.333
SUBTOTAL [MO]							6.793
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
Pintura	Lt	0.1	4.5				0.45
SUBTOTAL [MA]							0.45
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
SUBTOTAL [T]							0
				COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)			25.92
				GASTOS GENERALES (GG). 6% * (CD)			1.56
				UTILIDAD (UT). 4% * (CD)			1.04
				OTROS INDIRECTOS (OI). 10% * (CD)			2.59
				COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD			31.10
				VALOR OFERTADO			31.10

Rubro:	4.3						
Detalle:	Suministro e Instalación de geomembrana 0.75mm						
Unidad:	m2						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Herramientas menores					0.15		
SUBTOTAL [E]					0.15		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Albañil	0.2	3.66	0.732	0.16	0.117		
Peón	2	3.62	7.24	0.416	3.012		
SUBTOTAL [MO]					3.129		
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
Geomembrana HDPE 7,01m. X 310m. X 0.75mm	m2	1.05	3.42	3.591			
SUBTOTAL [MA]					3.591		
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
SUBTOTAL [T]					0		
COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)					6.87		
GASTOS GENERALES (GG). 5% * (CD)					0.34		
UTILIDAD (UT). 4% * (CD)					0.27		
OTROS INDIRECTOS (OI). 8% * (CD)					0.55		
COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD					8.04		
VALOR OFERTADO					8.04		

Rubro:	4.4					
Detalle:	Suministro e Instalación de Adoquín Permeable					
Unidad:	m2					
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramientas menores						0.09
Compactador pequeño manual	1	3	3	0.05		0.15
Cortadora disco diamante	1	4	4	0.04		0.16
SUBTOTAL [E]						0.74
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Maestro de obra	0.1	3.66	0.366	0.13		0.05
Peón	2	3.62	7.24	0.13		0.94
SUBTOTAL [MO]						0.99
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
Adoquin permeable	u	1.05	11.03			11.58
Arena de río	m3	0.1575	13.50			2.13
Tierra vegetal	m3	0.055	12.67			0.70
Material granular	m3	0.315	11.50			3.62
SUBTOTAL [MA]						18.03
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
SUBTOTAL [T]						0.00
COSTOS DIRECTOS (CD=E+MO+MA+T)						19.76
GASTOS GENERALES (GG). 4% * (CD)						0.79
UTILIDAD (UT). 2% * (CD)						0.40
OTROS INDIRECTOS (OI). 8% * (CD)						1.58
COSTO TOTAL DEL RUBRO GG+UT+OI+CD						22.52
VALOR OFERTADO						22.52



LEYENDA

	ALCANTARILLADO AALL
	CARRETERA ESPOL
	FCSSH
	FCNM
	SWEET & COFFEE
	COMEDOR
	ZONA DE ESTUDIO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

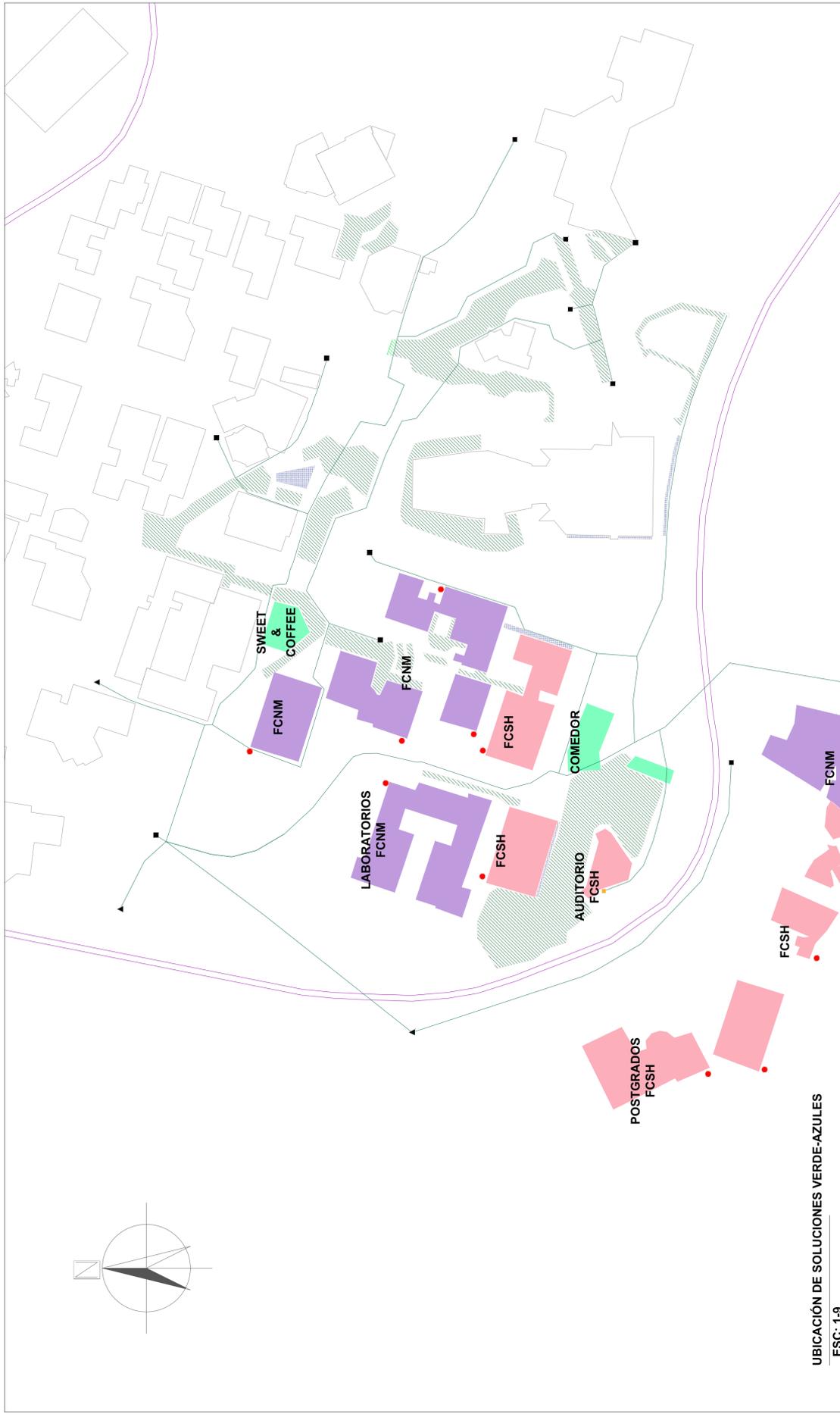
PROYECTO
 ANALISIS Y DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO

CONTENIDO
 UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

Coordinador de Materia e Integradora	Tutores de Convocatoria Externas	Examinador	Fecha de Entrega
Ph.D. Miguel Ángel Chávez	- Arq. Erickson Urbina - Ing. Sergio Galván	José Guayana Lucín	7 de Septiembre, 2021
Tutor de Área de Convocatoria	Ph.D. Miguel Ávila	Fecha	Indicador
		1/5	

UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO
 ESC: 1-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
PROYECTO:	ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO
CONTENIDO:	UBICACIÓN DE SOLUCIONES VERDE-AZULES
Coordinador de Materia Integradora:	Taller de Convocatoria Ejecutivos:
Ph.D. Miguel Ángel Chávez	- Arq. Eunice Lindao
Tutor de Área de Convocatoria:	- Ing. Betty Merchán
Ph.D. Miguel Arias	- Ing. Pálido Díaz
Fecha de entrega:	7 de septiembre, 2021
Láminas:	2/5
Escalas:	1:9

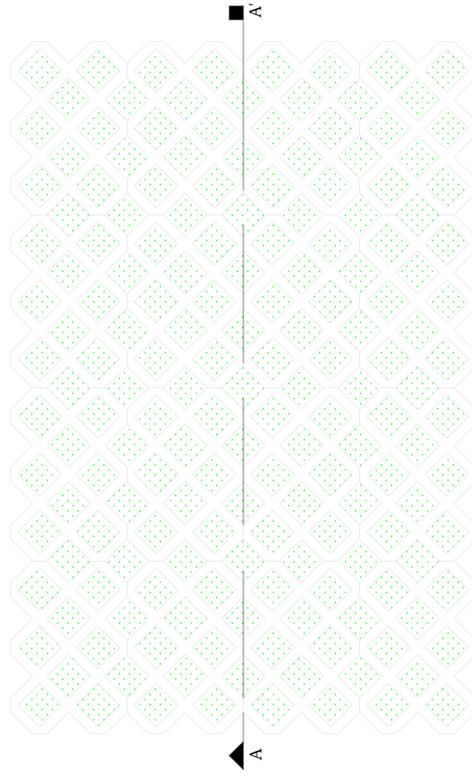


UBICACIÓN DE SOLUCIONES VERDE-AZULES
ESC: 1-9

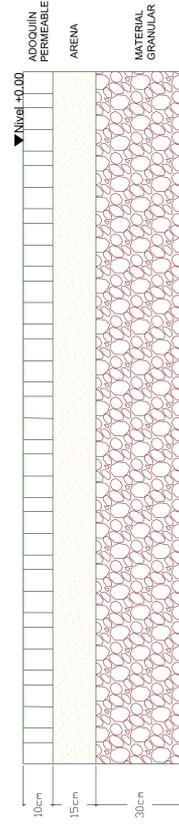
LEYENDA

	ALCANTARILLADO AALL		CISTERNA
	CARRETERA ESPOL		CAMPO DE INFILTRACIÓN
	FCNM		JARDÍN DE LLUVIA
	SWEET & COFFEE		ADOQUIN PERMEABLE
	COMEDOR		ENTRADA DEL SISTEMA
			SALIDA DEL SISTEMA

ADOQUIN PERMEABLE

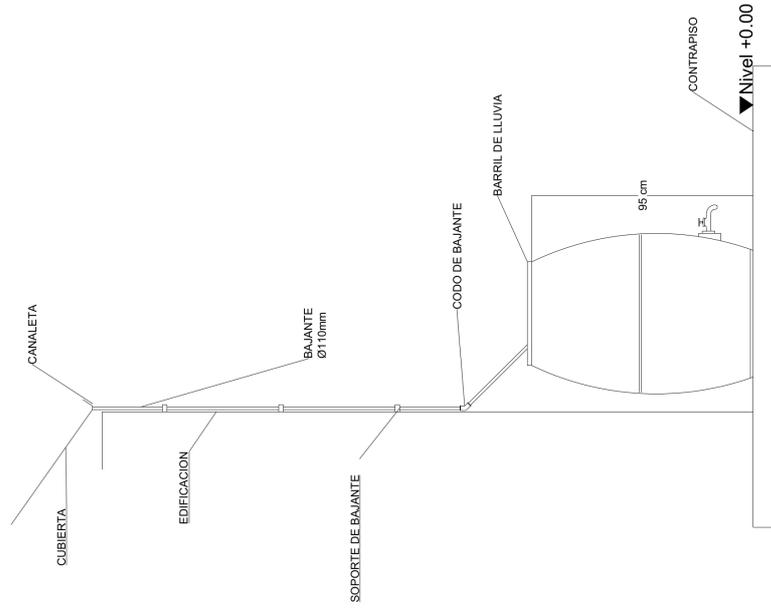


VISTA EN PLANTA
ESC: 1-8



CORTE A-A'
ESC: 1-8

BARRIL DE LLUVIA

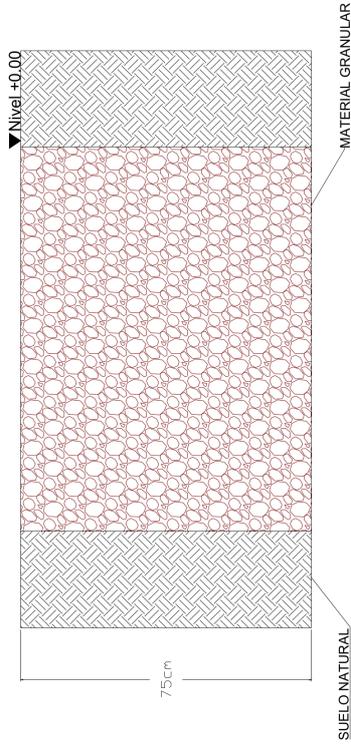
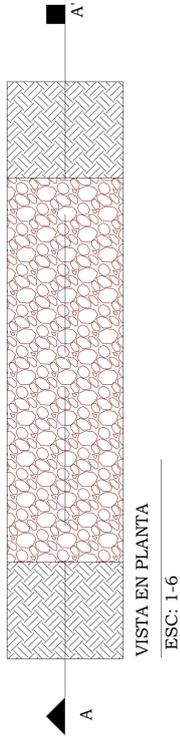


VISTA LATERAL
ESC: 1-10

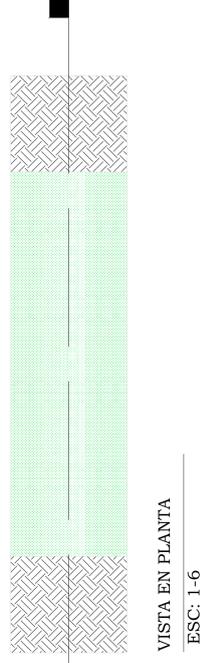
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:	ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO		
CONTENIDO:	BARRIL DE LLUVIA. ADOQUIN PERMEABLE		
Coordinador de Materia Integradora:	Tutores de Convocatoria Específica:	Elaborados:	Fecha de entrega:
Ph.D Miguel Ángel Chávez	- Arq. Eunice Lindao - Ing. Betty Merichán	Joel Guevara Luchin	7 de septiembre, 2021
Tutor de Área de Convocatoria:		Escala:	Indicaciones:
Ph.D Miguel Araya	- Ing. Pablo Ozaa	3:15	

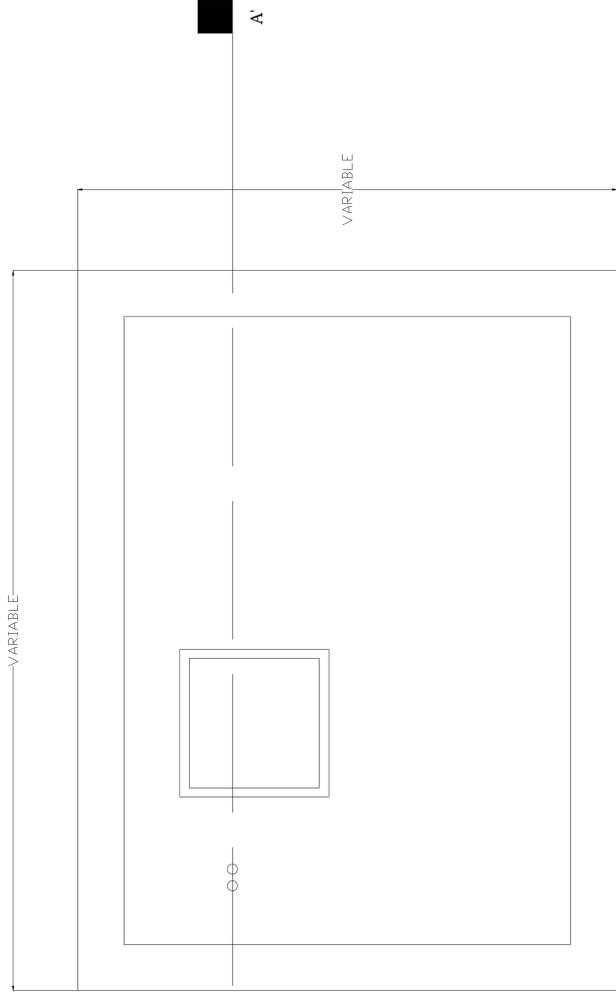
CAMPO DE INFILTRACIÓN



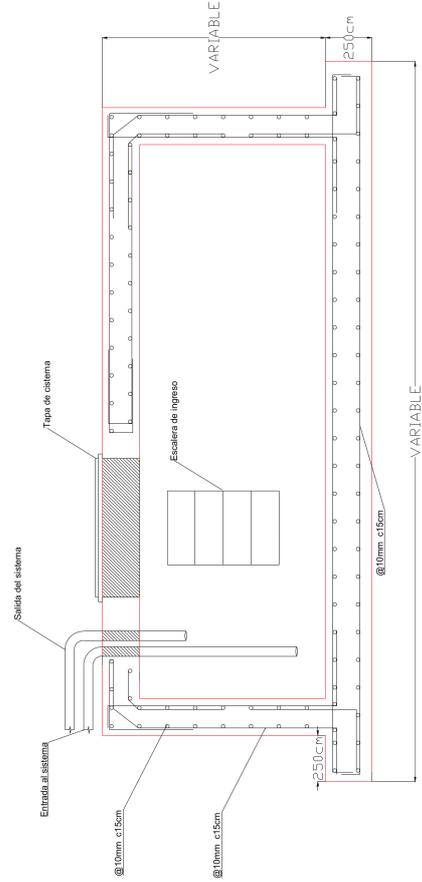
JARDÍN DE LLUVIA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
PROYECTO:	ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO
CONTENIDO:	CAMPO DE INFILTRACIÓN, JARDÍN DE LLUVIA
Coordinador de Materia Integradora:	Tutores de Convocatoria Específica:
Ph.D Miguel Ángel Chávez	- Arq. Estelita Lindero
Tutor del Área de Convocatoria:	- Ing. Betty Merchán
Ph.D Miguel Arias	- Ing. Pablo Ojeda
Fecha de entrega:	7 de septiembre, 2021
Límite:	Joel Guevara Lucif
Escala:	4/5
Indicadas:	



VISTA EN PLANTA
ESC: 1-125



CORTE A-A'
ESC: 1-125

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:	ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO		
CONTENIDO:	CISTERNA DE HORMIGÓN ARMADO $f_c=280\text{kg/cm}^2$		
Coordinador de Materia Integradora:	Tutores de Convocatorias Específicas:		
Ph.D Miguel Ángel Chávez	- Arq. Eunice Lindiro	Joel Guevara Lucif	Fecha de entrega: 7 de septiembre, 2021
Tutor del Área de Convocatoria:	- Ing. Betty Marchán	Licenciado:	Escuela:
Ph.D Miguel Arias	- Ing. Pablo Ojeda	Indicadas:	5/5

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.fiec.espol.edu.ec

Fuente de Internet

3%

2

Submitted to Escuela Superior Politécnica
del Litoral

Trabajo del estudiante

1%

3

es.scribd.com

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo