

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Diseño de drenaje pluvial sostenible (SUDS) en la Urbanización Armada del  
Ecuador

INGE-3050

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Grace Andreina Rosales Torres

Jordy Guillermo Loor Franco

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## Dedicatoria

---

El presente trabajo lo dedico a mi familia, en especial a mis padres Gilberto Loor y Leticia Franco, a mi hermano Víctor Loor, a mis abuelas Vicenta Triviño e Inés Andrade, y a la memoria de mis abuelos Víctor Guillermo Franco y Pastor Loor, así como a mis tíos y primos de las familias Loor y Franco, por su apoyo constante y motivación a lo largo de mi vida universitaria. Dedico también este trabajo a los amigos que me ha dejado la vida universitaria y personal, en especial a mis mejores amigos Rafael, Allisson, Eduardo y Dayanara, y a mi compañera de tesis y amiga cercana Grace Rosales, así como a los amigos que conocí en las ASOCIACIONES y FEPOL durante mi etapa como presidente de AEFICT.

.Jordy Guillermo Loor Franco

## Dedicatoria

---

Este proyecto lo dedico con todo mi corazón a mi mamá, Grace Torres, por ser mi mayor apoyo, mi ejemplo de fortaleza y la persona que nunca dejó de creer en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mi hermana Ariana, quien me llama “super sister”, cuando en realidad no soy “súper” sin ti; gracias por tu compañía constante, por desvelarte conmigo y por caminar a mi lado en cada etapa de este proceso. Y a mi pequeña Odalis, por su amor sincero, su paciencia y su ternura infinita. Ustedes me recuerdan siempre que no estoy sola.

A mi abuelita Gloria, que hoy me cuida desde el cielo, y a mi papá Luis Rosales, cuyo recuerdo vive en mí y me impulsa a seguir adelante con fuerza y determinación.

Y no menos importante, a Copito, mi perrito, por acompañarme fielmente en cada desvelo y por ser un apoyo silencioso en los momentos más largos de este camino.

Grace Andreina Rosales Torres

## Agradecimientos

---

Mi más sincero agradecimiento a los docentes de la línea de aguas, quienes contribuyeron de manera significativa a mi formación académica y al desarrollo del presente proyecto; en especial al M.Sc. Cristian Salas y al PhD. Eduardo Santos por su orientación, enseñanza y acompañamiento durante este proceso. Extiendo también mi agradecimiento a los docentes de la carrera, así como a los auxiliares académicos y trabajadores administrativos, por su apoyo y disposición a lo largo de mi vida universitaria.

Asimismo, agradezco a AEFICT, FICT y ESPOL por la formación académica, profesional y personal recibida, así como por los espacios de aprendizaje, liderazgo y crecimiento que contribuyeron de manera integral a mi desarrollo durante esta etapa.

Jordy Guillermo Loor Franco

## Agradecimientos

---

Gracias a Dios, por ser siempre bueno conmigo.

Mi más sincero agradecimiento a mi mamá y a mis hermanas, ustedes han sido mi pilar, mi refugio y la motivación diaria para no rendirme y seguir luchando por mis sueños.

A mis tías: Luisa, Ana y Mercy gracias por estar conmigo desde el primer día, y por contribuir de manera tan importante a mi formación.

Quiero agradecer de manera especial a Allisson y Guillermo; más que amigos, se convirtieron en mi familia.

De igual manera, expreso mi profundo agradecimiento al MSc. Cristian Salas, por su guía académica, sus valiosos aportes a mi formación y por el acompañamiento brindado durante el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, agradezco a mi universidad, por brindarme conocimientos, valores y una formación integral que marcará mi camino profesional y personal.

Grace Andreina Rosales Torres

## Declaración Expresa

---

Nosotros Jordy Guillermo Loor Franco y Grace Andreina Rosales Torres, acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 04 de marzo del 2026.

---

Jordy Guillermo Loor Franco

---

Grace Andreina Rosales Torres

## **Evaluadores**

---

---

**Ing. Josué Briones Bitar, M.Sc.**

Profesor de Materia

---

**Ing. Cristian Salas Vázquez, M.Sc.**

Tutor de proyecto

## Resumen

El presente proyecto presenta el diseño de un sistema urbano de drenaje pluvial sostenible para la urbanización Los Girasoles, un proyecto habitacional en fase de planificación promovido por la Armada del Ecuador y ubicado en el km 28 de la vía a la Costa, cantón Guayaquil. El estudio busca optimizar la gestión del escurrimiento superficial y reducir el riesgo de inundaciones ante eventos de precipitación intensa, mediante la atenuación de caudales y la reutilización del agua lluvia. El proyecto incluyó una fase de caracterización hidrológica, topográfica y urbanística del área de estudio, considerando la delimitación de subcuencas, la estimación de tiempos de concentración y el cálculo de caudales de diseño mediante el método racional y curvas Intensidad–Duración–Frecuencia locales. Posteriormente, se desarrolló la modelación hidráulica del sistema utilizando herramientas computacionales como Civil3D y SWMM, lo que permitió evaluar el comportamiento de la red bajo distintos escenarios de lluvia. Se analizaron alternativas de diseño, incluyendo un sistema convencional de evacuación rápida y un sistema híbrido con retención subterránea mediante celdas modulares. Los resultados evidenciaron una reducción significativa de los caudales pico y un mejor desempeño hidráulico del sistema. La solución propuesta permite reutilización del agua y fortalece la resiliencia urbana.

**Palabras Clave:** atenuación de caudales, reutilización de agua lluvia, celdas modulares, modelación hidráulica, resiliencia urbana.

### **Abstract**

The present project presents the design of a sustainable urban stormwater drainage system for Los Girasoles residential development, a housing project in the planning stage promoted by the Ecuadorian Navy and located at km 28 of the Vía a la Costa, Guayaquil. The study aims to optimize surface runoff management and reduce flood risk during intense rainfall events through flow attenuation and stormwater reuse. The project involved hydrological, topographic, and urban characterization, watershed delineation, estimation of concentration times, and design flow calculations using the Rational Method and local Intensity–Duration–Frequency curves. Hydraulic modeling was performed using Civil 3D and SWMM. A hybrid system with underground modular retention cells showed reduced peak flows and improved hydraulic performance, contributing to urban resilience.

**Keywords:** flow attenuation, stormwater reuse, modular detention cells, hydraulic modeling, urban resilience.

## Índice general

Capítulo 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Antecedentes .....	3
1.2. Descripción del problema.....	5
1.3. Justificación del Problema .....	7
1.4. Objetivos .....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	9
Capítulo 2 .....	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
2.1. Revisión de literatura .....	11
2.2. Área de estudio.....	14
2.3. Trabajo de campo y laboratorio .....	17
2.3.1. Análisis geoespacial preliminar del área de estudio.....	17
2.3.2. Elaboración y validación del Modelo Digital del Terreno (MDT) .....	18
2.3.3. Delimitación del predio y análisis morfométrico .....	19
2.3.4. Sistematización de la información técnica .....	20
2.4. Análisis de datos.....	21
2.4.1. Análisis topográfico y trazado preliminar de la red .....	21
2.4.2. Delimitación de subcuencas y parámetros hidrológicos .....	22
2.4.3. Estimación de caudales mediante el método racional .....	24
2.4.4. Modelación hidráulica en SWMM .....	27
2.4.5. Integración de resultados.....	28
2.5. Análisis de alternativas.....	29
2.5.1. Alternativas .....	29

2.5.2. Criterios de evaluación.....	30
2.5.3. Selección de alternativa.....	31
Capítulo 3 .....	33
3. DISEÑO .....	34
3.1. Diseño de la red convencional de drenaje pluvial – período de retorno = 5 años.....	34
3.2. Comprobación de la red convencional ante un período de retorno de 10 años.....	54
3.3. Sistema urbano de drenaje sostenible (infraestructura gris + módulos de retención).....	58
3.3.1. Módulos de retención (Aquacell).....	59
3.3.2. Hidrograma sintético y volumen del tanque de tormenta .....	61
3.3.3. Chequeo de resistencia lateral y superior de la celda Aquacell .....	62
3.3.4. Tuberías de entrada, descarga y rebose del sistema Aquacell.....	69
3.3.5. Tiempo de vaciado .....	71
3.3.6. Integración de Aquacell en el diseño de la red convencional .....	76
3.3.7. Cunetas y sumideros.....	81
Capítulo 4 .....	85
4. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	86
4.1. Descripción del proyecto.....	86
4.2. Línea base ambiental.....	87
4.2.1. Medio físico.....	87
4.2.2. Medio socioeconómico .....	89
4.3. Actividades del proyecto .....	90
4.4. Identificación de impactos ambientales .....	92
4.4.2. Movimientos de tierras y excavaciones iniciales .....	93
4.4.3. Excavación e instalación de tuberías, pozos de revisión y sumideros .....	93
4.4.4. Excavación e instalación del sistema de retención modular .....	94
4.4.5. Relleno, compactación y restitución superficial.....	94
4.4.6. Operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial.....	95

4.4.7. Cierre, retiro de elementos temporales y restauración del área.....	95
4.5. Valoración de impactos ambientales .....	95
4.5.1. Análisis de resultados de la valoración ambiental .....	101
4.6. Propuestas de medidas de prevención/mitigación.....	101
4.6.1. Medidas de prevención.....	103
4.6.2. Medidas de mitigación .....	103
4.6.3. Medidas de corrección .....	104
4.6.4. Medidas de compensación.....	104
4.6.5. Medidas específicas para la fase de operación.....	104
4.7. Resultados de medidas .....	105
Capítulo 5 .....	107
5. PRESUPUESTO .....	108
5.1. Estructura desglosada de trabajo .....	108
5.2. Especificaciones técnicas .....	110
5.3. Rubros y análisis de precios unitarios .....	110
5.3.1. Obras preliminares .....	111
5.3.2. Movimiento de tierras .....	111
5.3.3. Red de drenaje pluvial.....	111
5.3.4. Soluciones sostenibles – sistema de retención y atenuación con celdas Aquacell.....	112
5.4. Cantidades de obra y costo del proyecto .....	112
5.5. Cronograma de obra .....	115
Capítulo 6.....	115
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
6.1. Conclusiones .....	117
6.2. Recomendaciones.....	118
Referencias .....	120

## Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ONU	Organización de las Naciones Unidas
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
ONU-Hábitat	Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos
EPA	Environmental Protection Agency
SUDS	Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible
LID	Low Impact Development
WSUD	Water Sensitive Urban Design
IDF	Intensidad–Duración–Frecuencia
SWMM	Stormwater Management Model
MDT	Modelo Digital del Terreno
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

**Simbología**

mm Milímetro

m Metro

m<sup>2</sup> Metro cuadrado

m<sup>3</sup> Metro cúbico

ha Hectárea

L/s Litros por segundo

m/s Metros por segundo

mm/h Milímetros por hora

h Hora

min Minuto

s Segundo

% Porcentaje

m.s.n.m. Metros sobre el nivel del mar

### Índice de figuras

Figura 2.1	<i>Delimitación del polígono del área de estudio en la urbanización “Los Girasoles”.</i>	16
Figura 2.2	<i>Curvas de nivel principales y secundarias del área de estudio.</i>	18
Figura 2.3	<i>Modelo Digital del Terreno (MDT) generado en Civil 3D.</i>	19
Figura 2.4	<i>Delimitación del área de estudio y microcuencas derivadas del MDT.</i>	20
Figura 2.5	<i>Curvas de nivel refinadas y direcciones de flujo generadas para el proyecto.</i>	21
Figura 2.6	<i>Modelo Digital del Terreno (MDT) elaborado para el análisis del área de estudio.</i>	22
Figura 2.7	<i>Curvas IDF de la ciudad de Guayaquil.</i>	24
Figura 2.8	<i>Perfil hidráulico simulado entre Pozo 1 y Pozo 22.</i>	27
Figura 2.9	<i>Distribución de velocidades en los colectores del sistema.</i>	28
Figura 3.1.	<i>Red convencional - período de diseño = 5 años</i>	52
Figura 3.2.	<i>Red convencional - período de diseño = 10 años</i>	57
Figura 3.3.	<i>Dimensiones de los módulos de retención Aquacell 400 (Pavco Wavin, 2023)</i>	61
Figura 3.4.	<i>Hidrograma sintético para el volumen a retener en el tanque</i>	62
Figura 3.5.	<i>Red convencional + módulos de retención - período de diseño = 10 años</i>	78
Figura 3.6.	<i>Bosquejo de cunetas</i>	82
Figura 5.1.	<i>Estructura de desglose de trabajo (EDT)</i>	109

### Índice de tablas

Tabla 2.1	<i>Tabla de coordenadas UTM (WGS 84, Zona 17s) del área de estudio</i>	15
Tabla 2.2	<i>Tabla de cantidades de área de aportación de cada categoría del diseño urbanístico.</i>	23
Tabla 2.3	<i>Período de retorno para coeficientes de curva IDF</i>	25
Tabla 2.4	<i>Coefficientes de escorrentía.</i>	26
Tabla 2.5	<i>Métricas de evaluación para la escala de Likert</i>	31
Tabla 2.6	<i>Escala de Likert</i>	31
Tabla 3.1.	<i>Períodos de retorno para diferentes ocupaciones del área (EPMAPS, 2023)</i>	35
Tabla 3.2.	<i>Resumen hidrológico de áreas de aporte y geometría de la red de drenaje</i>	37
Tabla 3.3.	<i>Tiempos de concentración</i>	39

Tabla 3.4. <i>Caudales de diseño – diámetros para cada tramo</i> .....	41
Tabla 3.5 <i>Tramo de ejemplo de aplicación</i> .....	42
Tabla 3.6. <i>Condiciones hidráulicas de verificación</i> .....	44
Tabla 3.7. <i>Resumen de pérdidas de los pozos de análisis en relación al ángulo utilizado en los tramos</i> .....	46
Tabla 3.8. <i>Síntesis del régimen de flujo en la red de drenaje pluvial</i> . ....	47
Tabla 3.9. <i>Rangos hidráulicos representativos del sistema</i> . ....	49
Tabla 3.10 <i>Volumen para movimiento de tierras</i> . ....	50
Tabla 3.11 <i>Resumen de caudales de diseño – Período de retorno = 10 años</i> .....	55
Tabla 3.12 <i>Parámetros de entrada para la generación del hidrograma de diseño del sistema Aquacell</i> .....	61
Tabla 3.13 <i>Parámetros de diseño del tanque de retención con celdas Aquacell</i> .....	63
Tabla 3.14 <i>Propiedades del suelo consideradas en el análisis</i> .....	65
Tabla 3.15 <i>Resumen de verificación estructural y volumétrica del tanque Aquacell</i> .....	66
Tabla 3.16 <i>Resumen del vaciado del tanque Aquacell</i> .....	73
Tabla 3.17 <i>Tramos secundarios con atenuación relevante</i> .....	77
Tabla 3.18 <i>Resumen de volúmenes de movimiento de tierras – Tr = 10 años + módulos de retención</i> .....	81
Tabla 3.19 <i>Información base para el diseño de las cunetas</i> .....	83
Tabla 4.1. <i>Actividades del proyecto</i> .....	90
Tabla 4.2. <i>Matriz de Leopold</i> .....	97
Tabla 4.3. <i>Distribución de puntajes para la valoración cualitativa de impactos ambientales</i> . ...	99
Tabla 4.4. <i>Métricas de evaluación de impactos ambientales</i> .....	99
Tabla 4.5. <i>Distribución de calificaciones del impacto ambiental</i> . ....	100
Tabla 5.1. <i>Presupuesto del proyecto</i> .....	113

# Capítulo 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La conciliación entre el crecimiento poblacional y la sostenibilidad ambiental se ha convertido en el gran desafío del desarrollo urbano contemporáneo. Con el crecimiento de las ciudades, incrementan presiones sobre los recursos naturales esenciales como el agua y el suelo, elementos de vital importancia para el desarrollo del bienestar humano y del equilibrio ecológico de los ecosistemas. Dentro de este contexto, la manera en la que se planifican y diseñan los espacios urbanos adquiere una importancia decisiva para garantizar la calidad de vida de las futuras generaciones.

En el marco global, organismos internacionales como la ONU-Hábitat y la UNESCO han destacado la creciente necesidad de promover modelos de desarrollo urbanos que consideren la gestión responsable de los recursos. Estos sistemas se convierten en una solución de alto contraste ante los actuales procesos de urbanización, caracterizados por actividades como la impermeabilización del suelo, pérdida de cobertura vegetal y expansión de infraestructuras sin planificación; siendo estas las principales causantes de la modificación y/o transformación de los territorios, ciclos naturales y la capacidad de autorregulación que poseen los ecosistemas. Este enfoque busca que las nuevas urbanizaciones se conciban no solo como conjuntos habitacionales, sino como espacios que integren naturaleza, infraestructura y comunidad en un equilibrio dinámico.

Para América Latina, y particularmente en nuestro país, la expansión de las ciudades se ha desarrollado de manera acelerada, y en muchas ocasiones, sin una adecuada planificación del territorio; evidenciando así la urgencia de replantear las estrategias de ocupación del suelo armonizando el desarrollo urbano con la protección ambiental. La

ingeniería civil, en este escenario, juega un papel primordial al proporcionar las herramientas técnicas y analíticas necesarias para diseñar infraestructuras más eficientes, seguras y respetuosas con el ambiente.

### **1.1. Antecedentes**

La creciente conciencia ambiental y los evidentes efectos del cambio climático han transformado las bases de la planificación urbana. Décadas atrás, el desarrollo de infraestructura: habitacional y comercial respondían únicamente a criterios económicos y demandas sociales, priorizando las funciones inmediatas de la estructura (ocupación y/o uso) sobre la preservación de los ecosistemas. Como consecuencia, se generó un modelo de urbanización concentrado en el consumo de los recursos naturales, y caracterizado por la impermeabilización de superficies, pérdida de cobertura vegetal y aumento de la escorrentía superficial.

Los resultados de la aplicación intensiva de este modelo no tardaron en evidenciarse. Frente a ello, diversas naciones desarrollaron estrategias de gestión sostenible del agua dentro de los entornos urbanos, con el fin de mitigar las consecuencias más evidentes, como inundaciones frecuentes, degradación de los cuerpos de agua y reducción de la capacidad infiltrante del suelo. Europa fue la cuna de los primeros Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, incluyendo a las zanjas filtrantes, humedales artificiales y jardines de lluvia como soluciones capaces de reproducir los procesos naturales hidrológicos dentro del entorno urbano, y como medio de control de los caudales pico, incremento de la calidad del agua y mejoramiento de la interacción de ambos contrastes (entorno urbano y ecosistema natural). Estos modelos fueron replicados y adaptados por Estados Unidos,

Australia y Canadá bajo las siguientes denominaciones: Low Impact Development (LID) o Water Sensitive Urban Design (WSUD), consolidando una tendencia global hacia la sostenibilidad hídrica.

En el escenario latinoamericano, países como Colombia, México, Brasil y Chile han desarrollado proyectos piloto tales como los sistemas de biorretención, pavimentos permeables y retención pluvial como parte del diseño urbano. En el caso de Ecuador, especialmente en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca, el crecimiento urbano acelerado sumado a la expansión de zonas residenciales periféricas han incrementado las presiones sobre las actuales redes de drenaje y abastecimiento, evidenciado así la necesidad de incorporación de criterios ambientales desde una etapa temprana de planificación.

Bajo este contexto, Ecuador ha impulsado investigaciones que refuerzan la relevancia de soluciones basadas en la naturaleza. Un ejemplo destacado se dio en el 2023 cuando el Fondo Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito publicó la Guía para la Implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza, documento que se constituyó como un referente técnico para la incorporación de infraestructura verde-azul (SUDS, corredores ecológicos, gestión hídrica) en la planificación metropolitana. Como respuesta ante la implementación de la normativa técnica se destaca el análisis de la quebrada Caupicho en Quito, en donde se proponen soluciones sostenibles orientadas a la recuperación del sistema hídrico urbano de la zona y a la reducción del riesgo de inundaciones.

En conjunto, estas líneas de investigación y las iniciativas institucionales evidencian que, aunque la aplicación de SUDS en Ecuador aún es naciente, existe un impulso creciente hacia su adopción. Asimismo, la planificación sostenible de nuevas urbanizaciones se convierte en un espacio clave para materializar estos enfoques, permitiendo anticipar impactos, evitar costos ambientales y económicos asociados a intervenciones tardías, y promover desarrollos que integren eficiencia en el uso del agua, conservación ecológica y una mejora general de la calidad ambiental urbana.

## **1.2. Descripción del problema**

Uno de los componentes esenciales en la planificación de nuevas urbanizaciones es el diseño del sistema drenaje pluvial, el cual debe garantizar la evacuación eficiente del agua lluvia, y mantener la continuidad de las actividades urbanas de la zona. Sin embargo, su diseño suele abordarse desde una perspectiva convencional, centrada principalmente en el cálculo básico de colectores y sumideros, sin considerar un análisis integral del comportamiento hidrológico del área ni su relación con las dinámicas ambientales del entorno; limitando su desarrollo y la incorporación temprana de criterios sostenibles desde la concepción del proyecto.

La urbanización “Los Girasoles”, un desarrollo habitacional en fase de planificación promovido por la Armada del Ecuador requiere la implementación de un sistema integral de aguas lluvias adecuado a sus condiciones físicas y urbanísticas. La problemática radica en la ausencia de un estudio técnico que permita caracterizar los regímenes pluviales de la zona, y evalúe las condiciones hidrológicas del terreno ante diferentes escenarios de lluvia

para determinar el diseño de una red pluvial capaz de manejar los caudales generados, evitando anegamientos, erosión o sobrecarga hidráulica.

El proyecto también carece de una evaluación técnica que permita determinar la viabilidad ante la integración de soluciones sostenibles de drenaje, las cuales contribuyen a la reducción de los caudales pico, mejoras del equilibrio hidrológico, y disminución de la presión sobre la red convencional. Sin la obtención de este análisis comparativo, el diseño final podría apoyarse exclusivamente en la metodología tradicional que, aunque cumple su función, no garantiza resiliencia ante eventos de lluvias extremos o un manejo responsable del recurso hídrico en el largo plazo.

De igual manera, la falta de este análisis limita la definición de parámetros claves del diseño, como los volúmenes de almacenamiento, la ubicación de estructuras de control, las pendientes óptimas y la eficiencia operativa del sistema en términos de seguridad, mantenimiento y sostenibilidad. Esta falta de precisión genera incertidumbres que incrementan el riesgo de adopción de un sistema que, en el futuro, presente limitaciones operativas o requiera intervenciones para corregir deficiencias que pudieron ser evitadas desde su planificación.

En síntesis, el problema radica en que la urbanización Los Girasoles aún no dispone de un estudio que permita determinar, con fundamento técnico, cuál es el sistema de drenaje pluvial más adecuado para sus condiciones presentes y futuras. Esta carencia evidencia la necesidad de desarrollar un análisis que integre criterios hidrológicos, hidráulicos, ambientales y de sostenibilidad, de manera que las decisiones de diseño

conduzcan a un sistema eficiente, seguro y acorde con los principios de planificación urbana sostenible.

### **1.3. Justificación del Problema**

La gestión adecuada del agua lluvia es esencial para garantizar la seguridad y funcionalidad de nuevas urbanizaciones; por ello, en el caso de “Los Girasoles”, aún en fase de planificación, resulta crítica la realización de un estudio técnico que caracterice el comportamiento hidrológico del área, ya que su ausencia genera incertidumbre sobre la eficacia y sostenibilidad del sistema de drenaje pluvial a implementar.

La resolución de esta problemática es fundamental, ya que un diseño pluvial basado únicamente en criterios tradicionales –evacuación del agua sin gestión de su volumen, origen e impacto– conducirá a situaciones adversas, especialmente en un contexto donde se vive una creciente variabilidad climática. Por ejemplo, las precipitaciones intensas incrementan el riesgo de anegamientos, erosión, saturación del suelo y sobrecarga de las redes, comprometiendo la seguridad de los futuros habitantes y elevando los costos de mantenimiento y rehabilitación.

Por otro lado, los enfoques convencionales ignoran el potencial del agua lluvia como recurso. Al dejar que el agua escurra sin más, se desaprovechan oportunidades de captación y reutilización en actividades no potables como el riego, limpieza de espacios comunes o recarga controlada de acuíferos. En este sentido, la ventaja de los sistemas de almacenaje, infiltración o aprovechamiento del agua lluvia no radica únicamente en la reducción de caudales pico o estabilización del ciclo hidrológico, si no que se presentan en

beneficios económicos directos, al disminuir los consumos de agua potable y gastos asociados a su uso en actividades cotidianas.

De esta justificación surge la necesidad de incorporar soluciones sostenibles que cumplan una doble función: control hidráulico y reutilización del recurso. Por el contrario, omitir el análisis correspondiente implicaría la adopción de sistemas pluviales insuficientes o sobredimensionados, lo que se traduciría en sobrecostos, daños a la infraestructura, y un diseño incapaz de enfrentar eventos extremos. De igual manera, significaría desistir al aprovechamiento del recurso, perpetuando un modelo dependiente del suministro convencional, el cual incurre en mayores gastos operativos para el mantenimiento de la zona.

En conjunto, la justificación del proyecto se fundamenta en la necesidad de garantizar un sistema pluvial eficiente, resiliente y capaz de controlar, aprovechar y reutilizar el agua lluvia, promoviendo un modelo urbano responsable que minimiza riesgos, disminuye costos operativos futuros y se alinea con los principios de sostenibilidad ambiental y planificación integral.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema técnico y sostenible de gestión de aguas lluvias para la urbanización en planificación “*Los Girasoles*”, incorporando criterios hidrológicos, hidráulicos y de infraestructura verde-azul, con el propósito de optimizar el control del escurrimiento y fortalecer la resiliencia urbana frente a eventos de lluvia.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Caracterizar las condiciones climáticas, hidrológicas y territoriales del área de estudio, mediante la recopilación y análisis de datos de lluvia, topografía y parámetros de escorrentía, para establecer las condiciones de diseño del sistema pluvial.
2. Desarrollar un diseño de drenaje pluvial eficiente y sostenible, incorporando alternativas basadas en retención, detención e infiltración del agua lluvia, para mejorar el control del escurrimiento y reducir los impactos asociados a inundaciones en la urbanización.
3. Verificar hidráulicamente la solución propuesta, mediante modelación computacional y análisis de operación, considerando su capacidad de conducción, su mantenimiento esperado y el potencial de aprovechamiento del agua almacenada para usos no potables.

## **Capítulo 2**

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Revisión de literatura

La creciente incidencia de inundaciones en zonas urbanas es resultado directo de la interacción de eventos climáticos extremos y el desarrollo urbano no planificado. A escala global, el cambio climático no solo incrementa la frecuencia y magnitud de las precipitaciones, sino que expone el alto índice de vulnerabilidad que presentan los entornos desarrollados debido al desarrollo convencional de sus sistemas de drenaje, los cuales fueron dimensionados bajo supuesta continuidad climática, y ya no resultarían válidos ante las cambiantes condiciones climáticas actuales (Norén et al., 2016). La urbanización masiva cubre el suelo con superficies impermeables –concreto y asfalto– que impiden que el agua se filtre de forma natural y destruyen la defensa natural de las ciudades, como humedales y espacios verdes, y de esta manera, se pierde la capacidad de regular este recurso mientras aumentan los eventos extremos (Elliot et al., 2019).

En este sentido, la mera existencia de las urbes puede alterar significativamente los patrones de lluvia de la zona, cambiando intensidades y duración de las precipitaciones e incrementando riesgos de inundaciones hasta en un 50% si no se considera la "*retroalimentación meteorológica urbana*", es decir, la ciudad cambia el clima local, y ese clima modificado afecta nuevamente a la ciudad (Yang et al., 2015). Esta creciente vulnerabilidad obliga a repesar la planificación urbana para centrarla, nuevamente, dentro del ciclo hidrológico y los beneficios de la naturaleza (Shuster et al., 2005); lográndose a través de las *soluciones basadas en la naturaleza* que restauran los ecosistemas urbanos, exigiendo un enfoque interdisciplinario que fusione la ingeniería, el

diseño y la sostenibilidad para construir ciudades más fuertes y resilientes (Babí Almenar et al., 2021).

El estudio de la cuenca como unidad para el análisis territorial sienta su base en la hidrología urbana, al permitir comprender el proceso del agua lluvia – captación, conducción y evacuación – (Linsley et al., 1975). Este procesamiento resulta fundamental para predecir como el desarrollo urbano altera los patrones hidrológicos del terreno, generando efectos tales como la disminución de tiempos de retardo y aumento de velocidades del flujo superficial. En este contexto, el método racional continúa siendo la base primordial en la estimación de caudales de diseño en pequeñas cuencas, al basar su cálculo en el producto entre el área de aportación, coeficiente de escorrentía e intensidad, en donde el parámetro del tiempo de concentración es crucial al momento de la obtención de duraciones críticas que producen máximos caudales para los cuales se dimensionan la infraestructura. (Chow et al., 1994).

No obstante, la aplicación de este método enfrenta grandes desafíos. La intensidad de lluvia obtenida de las *Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)* necesita ser actualizada constantemente, ya que los efectos del cambio climático desencadenan patrones de no-estacionariedad en los índices de precipitación. La confiabilidad de los proyectos se ve seriamente afectada por esta falta de predictibilidad climática, la misma que invalida la premisa de que los datos históricos son suficientes para el diseño futuro (Arnbjerg-Nielsen et al., 2013). Por otro lado, la impermeabilización urbana eleva significativamente el coeficiente de escorrentía, ya que cada metro cuadrado de concreto y asfalto impide la

infiltración natural, acelerando la concentración de los caudales pico (Schueler, 1994), e incrementando exponencialmente el riesgo de inundaciones.

Durante décadas, la gestión del agua lluvia se ha basado en la infraestructura gris (tuberías, sumideros y colectores) con el objetivo principal de evacuar el agua lo más rápido posible hacia cuerpos receptores. Estudios señalan que, aunque la optimización de los sistemas de colectores es necesaria, esta infraestructura, por sí sola, no tiene la capacidad de mitigar el caudal total generado durante los eventos extremos modernos (Ashley et al., 2014).

Ante este panorama, la ingeniería hídrica impulsa la adopción de los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*, conocidos también como *Infraestructura Verde* o *Low Impact Development*, según la región. Los principios fundamentales de los SUDS se centran en el manejo distribuido del agua a través de cuatro mecanismos clave (Fletcher et al., 2015):

- Infiltración: Permitir que el agua penetre en el subsuelo.
- Detención: Retener el agua temporalmente en superficie para reducir los picos de caudal.
- Retención: Almacenar el agua para su uso o liberación lenta.
- Evapotranspiración: Devolver el agua a la atmósfera a través de la vegetación.

Diversas investigaciones demuestran la multifuncionalidad de los SUDS, que no solo reducen significativamente el volumen de escorrentía, sino que también mejoran la calidad del agua arrastrada al filtrar contaminantes y contribuyen a la recarga de acuíferos y al aumento de la resiliencia urbana (Zhu et al., 2019). Entre las soluciones más efectivas

se encuentran los pavimentos permeables que permiten el almacenamiento en su estructura; las zanjas filtrantes y los jardines de lluvia (biorretención), que utilizan vegetación y suelo especializado; y las celdas modulares subterráneas para almacenamiento a gran escala.

Es crucial entender que los SUDS no están diseñados para reemplazar completamente a la infraestructura gris existente. Por el contrario, actúan como componentes complementarios que gestionan la esorrentía en el punto de origen, fortaleciendo la capacidad hidráulica global del sistema urbano en su conjunto. Este concepto de infraestructura híbrida (gris y verde) permite abordar la gestión del agua con una estrategia multiobjetivo, descentralizando el riesgo de inundación y añadiendo valor ambiental al territorio (Ahiablame et al., 2012).

## **2.2. Área de estudio**

El área de estudio corresponde al predio asignado para la urbanización Los Girasoles, promovida por la Armada del Ecuador. El terreno se ubica al suroeste del cantón Guayaquil, aproximadamente en el kilómetro 28 de la vía a la Costa. Las coordenadas UTM (WGS 84, Zona 17S) que definen el contorno del polígono se presentan en la Tabla 2.1. El predio tiene una superficie cercana a 25,06 hectáreas, con coberturas de vegetación baja, matorral y sectores no intervenidos. La geometría generada por los vértices permite caracterizar adecuadamente el área y reconocer los límites topográficos que condicionan la respuesta hidrológica natural del sitio.

**Tabla 2.1**

*Tabla de coordenadas UTM (WGS 84, Zona 17s) del área de estudio*

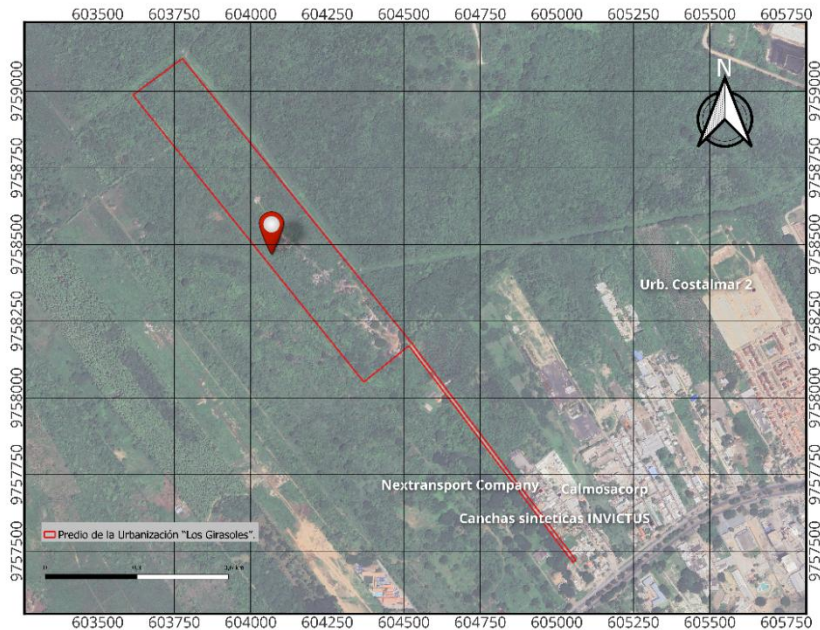
<b>Vértice</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
V1	603615.18	9758987.56
V2	603776.49	9759106.25
V3	605062.51	9757471.11
V4	605052.92	9757463.71
V5	604517.26	9758169.90
V6	604369.38	9758051.71

*Nota.* Coordenadas obtenidas del levantamiento planimétrico realizado por la Armada del Ecuador (2011) y verificadas mediante imágenes satelitales del área de estudio.

En la zona norte predomina una franja continua de vegetación arbórea, mientras que en el sector sur aparecen áreas semidespejadas relacionadas con el avance urbano del corredor vial. El borde oriental presenta edificaciones aisladas que sirven como puntos de referencia territorial, mientras que el límite occidental conserva una cobertura vegetal más densa y poco alterada. Esta configuración permite identificar con claridad los flujos preferenciales de escorrentía antes del proceso de urbanización.

**Figura 2.1**

*Delimitación del polígono del área de estudio en la urbanización “Los Girasoles”.*



El terreno conserva su morfología original, ya que no cuenta con infraestructura instalada. Se observan pendientes suaves a moderadas y micro depresiones que condicionan la trayectoria de los caudales superficiales durante eventos pluviométricos. La mezcla de pastizales, matorrales y sectores de suelo expuesto revela una capacidad de infiltración elevada en el estado actual, condición que disminuirá de forma notable conforme avance la impermeabilización derivada de la construcción de vías, edificaciones y otras obras del proyecto.

El área se encuentra bajo un clima tropical mega térmico húmedo, característico del litoral ecuatoriano (Pourrut, 1983). Las precipitaciones se concentran entre enero y mayo, con máximos durante los primeros tres meses del año (INAMHI, 2023). Se trata de lluvias de alta intensidad y corta duración que generan respuestas hidrológicas rápidas y caudales

superficiales considerables. Al combinarse con el incremento progresivo del coeficiente de escorrentía propio del desarrollo urbano, se potencian los riesgos de acumulación y concentración de flujos.

El crecimiento urbanístico registrado en la vía a la Costa, junto con la frecuencia de eventos pluviométricos intensos, evidencia la necesidad de integrar medidas de drenaje adecuadas desde la fase de diseño. Por ello, la incorporación de un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible no es solo recomendable, sino un requisito crítico para controlar los caudales generados, mantener la funcionalidad hidráulica y reducir los riesgos de inundación en las áreas destinadas a la futura urbanización (Fletcher et al., 2015).

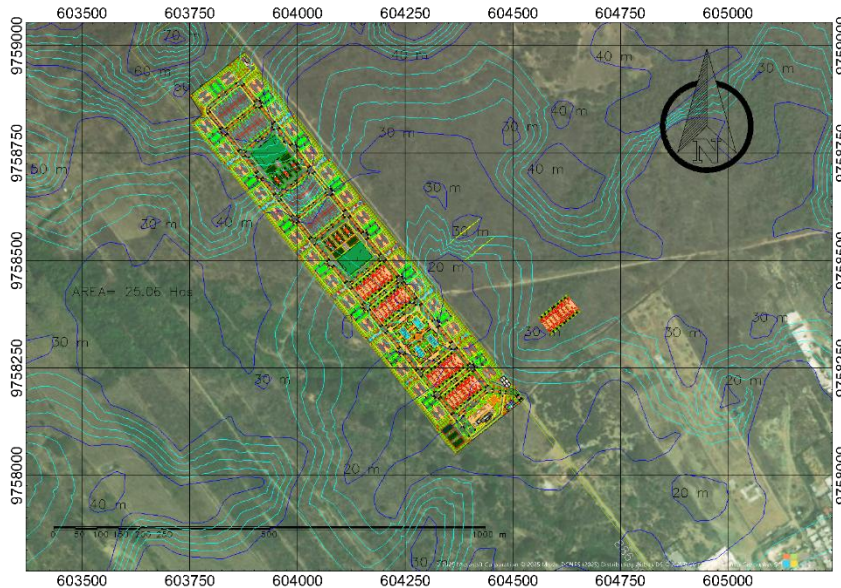
## **2.3. Trabajo de campo y laboratorio**

### **2.3.1. Análisis geoespacial preliminar del área de estudio**

Inicialmente, se recopilaron datos interpretando imágenes satelitales de alta resolución y cartografía existente del área de estudio. Este análisis caracterizó la topografía general, identificó depresiones naturales y determinó las pendientes que conducen la escorrentía superficial. Los patrones detectados establecieron los corredores de drenaje y la distribución natural de caudales durante eventos de precipitación.

**Figura 2.2**

*Curvas de nivel principales y secundarias del área de estudio.*



*Nota.* Representación topográfica utilizada para caracterizar el relieve y definir las pendientes iniciales del sitio.

Para complementar esta lectura inicial, se revisaron series temporales disponibles en Google Earth Pro y Bing Aerial con el fin de contrastar variaciones de cobertura y cambios visibles en el relieve que pudieran influir en el comportamiento hidrológico. Esta información resultó útil para definir los sectores que requerían un análisis detallado mediante el MDT.

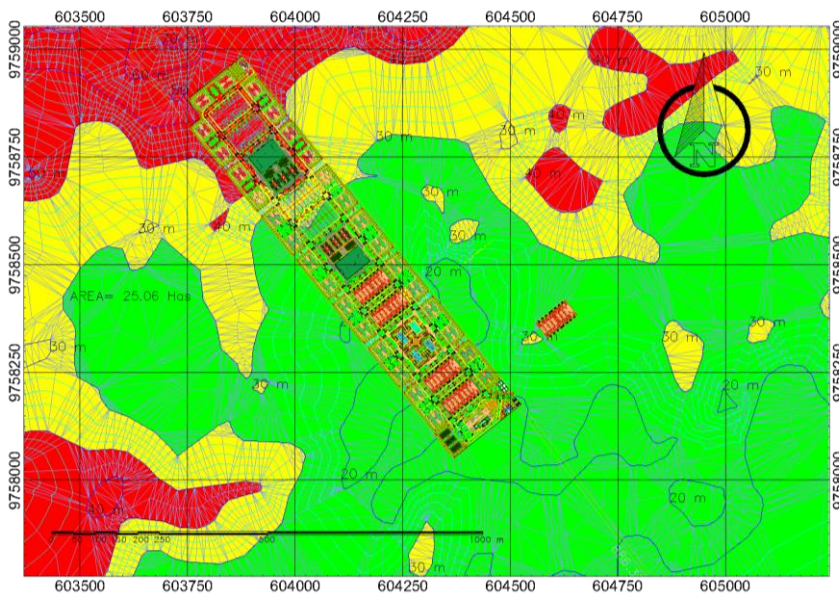
### **2.3.2. Elaboración y validación del Modelo Digital del Terreno (MDT)**

La información altimétrica disponible se procesó en Autodesk Civil 3D para generar un Modelo Digital del Terreno continuo. El MDT reveló las pendientes dominantes del predio, las divisorias de aguas y los puntos naturales de convergencia del flujo pluvial. Durante el proceso se compararon los bordes del área de estudio con las imágenes

satelitales recientes y se ajustaron cotas en sectores donde se observaron diferencias, especialmente en zonas con vegetación densa o sombras topográficas. Estos ajustes permitieron obtener una superficie coherente y adecuada para los análisis hidrológicos posteriores.

### Figura 2.3

*Modelo Digital del Terreno (MDT) generado en Civil 3D.*



*Nota.* Superficie TIN construida a partir de curvas de nivel y del contorno delimitado para el análisis hidrológico.

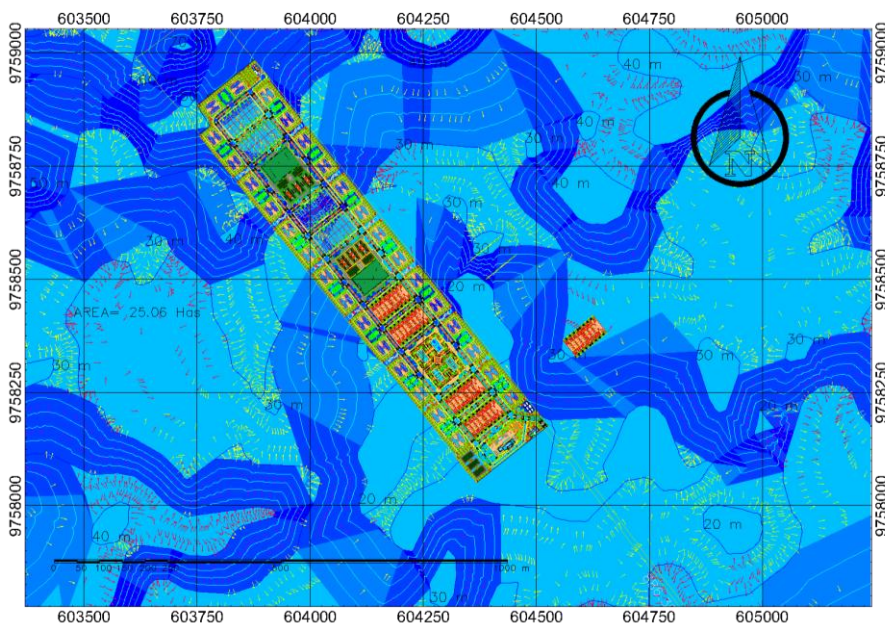
#### 2.3.3. Delimitación del predio y análisis morfométrico

Con el MDT depurado se estableció el polígono definitivo del proyecto empleando coordenadas UTM verificadas. Sobre esta superficie se analizaron microcuencas internas, rutas preferenciales de escorrentía y zonas susceptibles a acumulación temporal de caudales. La identificación de estos patrones permitió definir la estructura hidrológica natural del terreno y anticipar la distribución de aportes superficiales durante eventos de

precipitación intensa. Este diagnóstico constituye el fundamento técnico para orientar la ubicación preliminar de captaciones y conducciones en el diseño del sistema de drenaje pluvial.

**Figura 2.4**

*Delimitación del área de estudio y microcuencas derivadas del MDT.*



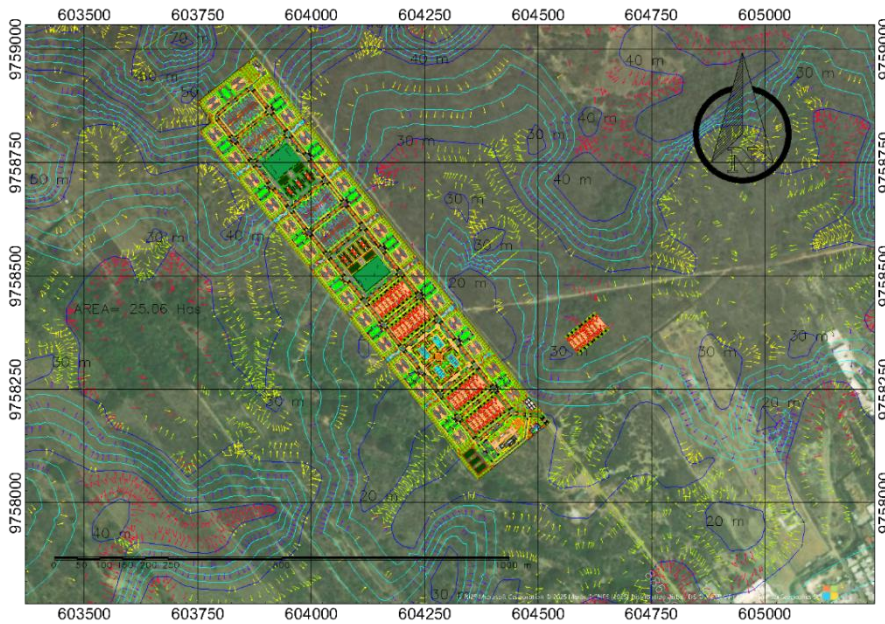
*Nota.* División hidrológica obtenida mediante análisis morfométrico para identificar rutas de escurrimiento.

#### **2.3.4. Sistematización de la información técnica**

La información espacial (curvas, mapas de pendiente y direcciones de flujo) se consolidó en un archivo maestro .dwg georreferenciado. Este paso permitió depurar el modelo topográfico, eliminando inconsistencias de interpolación y ruido altimétrico de las capas originales. El archivo resultante sirve de base para el cálculo de caudales y el dimensionamiento hidráulico de la red pluvial detallado en la siguiente sección.

**Figura 2.5**

*Curvas de nivel refinadas y direcciones de flujo generadas para el proyecto.*



*Nota.* Información consolidada en el archivo maestro georreferenciado para la etapa de diseño pluvial.

## 2.4. Análisis de datos

El análisis de datos integra información topográfica, hidrológica e hidráulica con el objetivo de caracterizar el comportamiento del escurrimiento superficial en el área de estudio y establecer las condiciones de diseño del sistema de drenaje pluvial.

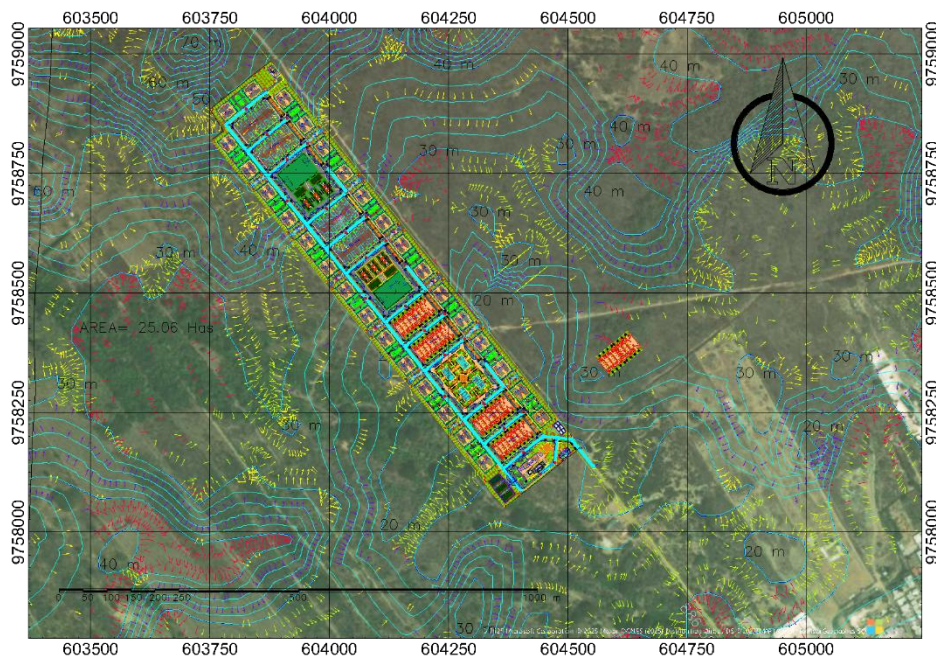
### 2.4.1. Análisis topográfico y trazado preliminar de la red

A partir del levantamiento planimétrico proporcionado por la institución promotora se generó el MDT en Autodesk Civil 3D, lo que permitió identificar las pendientes principales, micro depresiones y zonas de convergencia del flujo. La superficie interpolada facilitó la construcción de curvas de nivel refinadas y mapas de dirección del flujo que describen el comportamiento geomorfológico natural del predio. Con base en esta

información se elaboró el trazado preliminar de la red de tuberías, considerando las cotas del terreno, las pendientes óptimas de conducción y la ubicación estratégica de pozos de inspección para garantizar continuidad hidráulica.

**Figura 2.6**

*Modelo Digital del Terreno (MDT) elaborado para el análisis del área de estudio.*



*Nota.* Superficie generada en Civil 3D a partir del levantamiento planimétrico del predio.

#### **2.4.2. Delimitación de subcuencas y parámetros hidrológicos**

El MDT fue la herramienta base para el análisis espacial del predio, permitiendo la delimitación precisa de las áreas de aportación y el trazado de las rutas preferenciales de escurrimiento.

**Tabla 2.2**

*Tabla de cantidades de área de aportación de cada categoría del diseño urbanístico.*

<b>Áreas de aportación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Área Individual (ha)</b>
Parqueos	15	0.107
Residencias	7	0.486
Casonas	39	0.112
Parque de ejercicios	22	0.082
Miniparqueo	22	0.011
Canchas	3	0.973
Cisterna Estaciones	4	0.104
Gran Salón	2	0.176

*Nota.* Elaborado por autores.

Posteriormente, el tiempo de concentración se estimó a partir de una ecuación de onda cinemática, la cual, siguiendo los principios de la hidrología aplicada (Chow et al., 1994), establece el tiempo crítico necesario para la estimación rigurosa de los caudales de diseño. El cálculo del tiempo de concentración arrojó valores que oscilan entre un mínimo de 10.42 minutos y un máximo de 19.42 minutos. La distribución de estos tiempos es coherente con el análisis morfométrico de la urbanización, ya que la gran mayoría de las áreas de aportación 62.2% presentan valores inferiores a 12 minutos lo cual es característico de zonas urbanas densas. La diferencia de casi 10 minutos entre los tiempos mínimo y máximo refleja la variabilidad en la longitud y pendiente de las rutas de

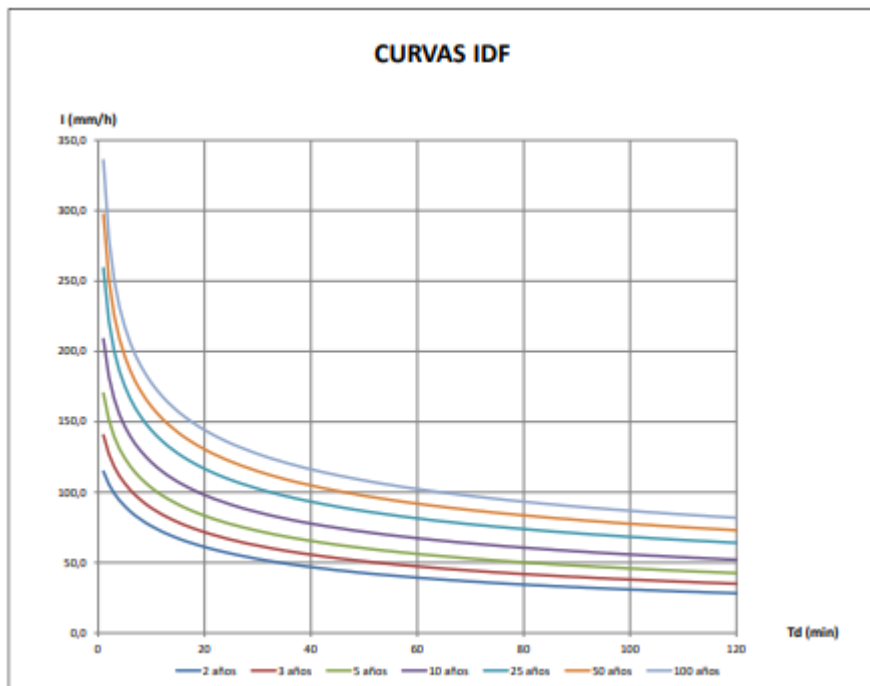
escurrimiento, siendo los valores altos cruciales para determinar la duración crítica de la tormenta de diseño y garantizar la capacidad hidráulica de los tramos principales.

### 2.4.3. Estimación de caudales mediante el método racional

Los caudales de diseño se calcularon empleando el método racional, adecuado para áreas pequeñas y urbanizaciones en fase de desarrollo. Las intensidades de lluvia correspondieron a las curvas IDF del Plan Maestro Interagua (2021) para un período de retorno de 5 años, valor recomendado para redes pluviales en zonas residenciales.

**Figura 2.7**

*Curvas IDF de la ciudad de Guayaquil.*



*Nota.* Plan Maestro Interagua – Guayaquil, 2021

La relación paramétrica que describe la intensidad de precipitación en las IDF ajustada para una frecuencia de retorno específica, se expresa formalmente mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{C}{t_d^e + f}$$

En donde,

*I*: Intensidad de precipitación, generalmente en mm/h

*t<sub>d</sub>*: Duración de la lluvia, expresada en minutos

*c, e, f*: Coeficientes de parametrización

**Tabla 2.3**

*Período de retorno para coeficientes de curva IDF*

Coeficientes Curva IDF	Período de retorno					
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
C	742.53	570.75	521.00	486.47	471.72	463.15
F	5.4707	2.3532	1.4944	0.877	0.5861	0.3789
E	0.6346	0.5022	0.4475	0.3979	0.3701	0.3477

*Nota.* Plan Maestro Interagua – Guayaquil, 2021

El análisis de los resultados obtenidos para la intensidad de precipitación muestra una variación entre un mínimo de 96.36 mm/h y un máximo de 119.61 mm/h. Más de la mitad de las intensidades calculadas (55.3%) se concentran en el rango superior (96.01 mm/h - 101.89 mm/h), lo que subraya la necesidad de dimensionar la infraestructura pluvial con un alto margen de seguridad frente a eventos extremos.

Los coeficientes de escorrentía se asignaron en función del uso previsto del suelo y de la impermeabilización futura, siguiendo los rangos establecidos por Ven Te Chow (1994).

**Tabla 2.4**

*Coefficientes de escorrentía.*

Áreas de aportación	Área (ha)	Ci promedio	Ci x A
Superficie de tejadas	2.708	0.107	2.234
Pavimentos	15.055	0.486	6.775
Jardines	2.819	0.112	0.352
Total	20.58	1.4	9.361

*Nota.* Elaborado por autores.

$$C_{ponderado} = 0.455$$

Con la determinación del área de aportación, el coeficiente de escorrentía ajustado y el tiempo de concentración para cada nodo, se procedió a la estimación del caudal de diseño utilizando el método racional. Los resultados de la modelación hidráulica exhiben un amplio rango de flujos, oscilando entre un mínimo de 0.014 m<sup>3</sup>/s y un máximo crítico de 1.563 m<sup>3</sup>/s.

La disparidad entre el caudal mínimo y el máximo de diseño (una diferencia de más de 1.5 m<sup>3</sup>/s) confirma la necesidad de una solución de drenaje flexible. Los caudales bajos permiten el uso de tuberías menores, pero la presencia de flujos críticos superiores a 1.50 m<sup>3</sup>/s exige el uso de mecanismos de retención y amortiguamiento para evitar el colapso de la red principal y asegurar la resiliencia del sistema ante los eventos extremos.

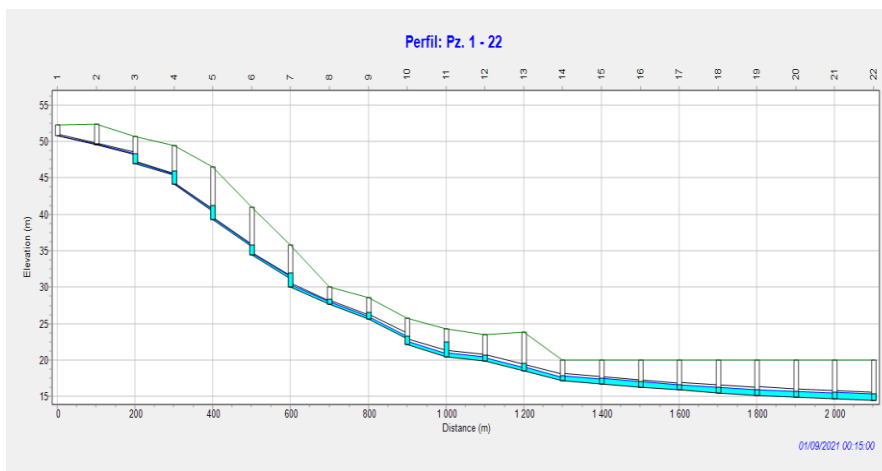
#### 2.4.4. Modelación hidráulica en SWMM

Con los caudales calculados se construyó un modelo hidráulico del sistema pluvial empleando SWMM (EPA, 2015). La red incorporó diámetros preliminares, pozos, colectores y pendientes definidas en Civil 3D. El evento de diseño se representó mediante un hietograma acumulativo de 2 horas correspondiente a un período de retorno de 5 años. El software permitió analizar la variación de niveles en los pozos, la línea de energía y los gradientes hidráulicos a lo largo de los conductos.

El perfil generado para el tramo comprendido entre el Pozo 1 y el Pozo 22 evidenció que los niveles máximos permanecen por debajo de la cota del terreno en todos los puntos, sin indicios de sobrecarga. Esto confirma que, durante un evento de  $T = 5$  años, la red preliminar transporta adecuadamente los caudales generados. Asimismo, el análisis de velocidades mostró valores dentro del rango recomendado para tuberías pluviales, evitando riesgos de erosión interna o sedimentación excesiva.

**Figura 2.8**

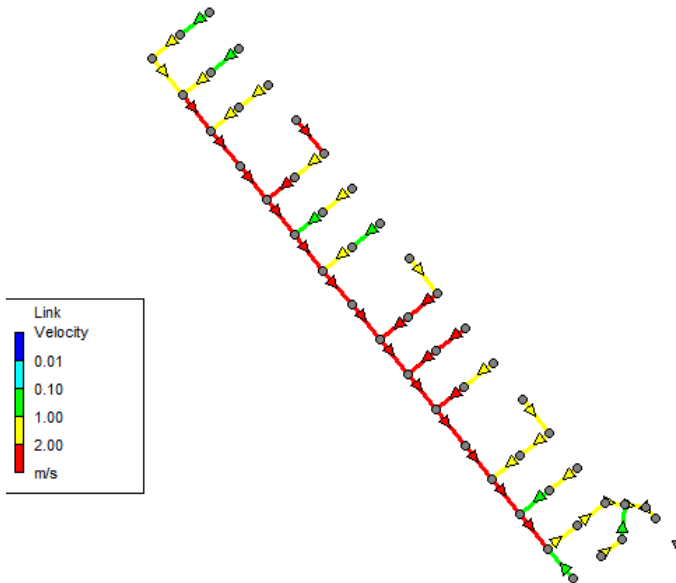
*Perfil hidráulico simulado entre Pozo 1 y Pozo 22.*



*Nota.* Línea de energía y niveles modelados para  $T = 5$  años.

**Figura 2.9**

*Distribución de velocidades en los colectores del sistema.*



*Nota.* Representación obtenida a partir del modelo hidráulico configurado para eventos de lluvia de diseño.

#### 2.4.5. Integración de resultados

El análisis integrado revela que la morfología natural del predio induce rutas definidas de escurrimiento y zonas de acumulación temporal que condicionan la ubicación óptima de las estructuras de captación. Los caudales estimados representan adecuadamente las condiciones actuales y futuras del terreno, mientras que la modelación hidráulica permitió identificar tramos donde se requerirá ajustar diámetros, pendientes o implementar dispositivos de disipación según la alternativa seleccionada. En conjunto, la información proveniente del MDT, el método racional y SWMM constituye la base técnica para el

diseño del sistema pluvial y la evaluación comparativa de alternativas presentada en la siguiente sección.

## **2.5. Análisis de alternativas**

### **2.5.1. Alternativas**

#### **2.5.1.a. Modelo convencional de evacuación rápida (Infraestructura Gris)**

Esta alternativa mantiene el enfoque tradicional, basado en la capacidad de conducción de tuberías y sumideros para la evacuación rápida del caudal. Si bien presenta el menor costo inicial, el modelo opera con altas velocidades de flujo y su principal deficiencia es la ausencia de control de volumen ante la no continuidad climática, por lo que no contribuye a reducir picos de caudal ni a la mejora de la infiltración.

#### **2.5.1.b. Sistema híbrido de mitigación por infiltración (Zanjas Filtrantes)**

Esta estrategia complementa la red convencional con zanjas filtrantes como dispositivos de mitigación en el origen. Su objetivo primario es promover la infiltración activa del agua lluvia, contribuyendo a la recarga del acuífero y reduciendo el caudal que ingresa al sistema (MINVU, 1996). Aunque es favorable ambientalmente, su viabilidad está ligada a la disponibilidad de espacio longitudinal y son sensibles a la acumulación de sedimentos, lo que incrementa los costos de mantenimiento y colmatación a largo plazo.

#### **2.5.1.c. Sistema híbrido de retención subterránea (Celdas Modulares: Aquacell)**

Esta alternativa utiliza módulos plásticos de almacenamiento subterráneo (celdas tipo Aquacell) integrados al sistema de drenaje tradicional. Su función es almacenar

temporalmente los caudales pico, liberando el agua de manera controlada para amortiguar la presión sobre la red convencional. La tecnología de celdas es reconocida por su alta capacidad de vacío (aprox. 95%) y su resistencia estructural, permitiendo la ubicación discreta bajo áreas verdes o estacionamientos sin comprometer el uso superficial del suelo (Pavco Wavin, 2024)

### 2.5.2. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación se establecieron según su importancia estratégica para el proyecto:

- **Eficiencia hidráulica (25%):** Enfocado en la capacidad de la solución para manejar los volúmenes de escorrentía y mitigar los caudales pico, midiendo la funcionalidad directa de la alternativa ante la amenaza de inundación.
- **Impacto ambiental (20%):** Valora la contribución de la alternativa a los objetivos de sostenibilidad, incluyendo la integración al ciclo hidrológico natural y la capacidad de reducir la escorrentía contaminada.
- **Costo de implementación (20%):** Mide la inversión inicial de obra requerida para instalar la alternativa.
- **Integración y uso del espacio (15%):** Evalúa la compatibilidad de la alternativa con el diseño urbanístico existente, priorizando aquellas soluciones que optimizan el uso del suelo.

- **Adaptación futura (10%):** Mide la resiliencia de la solución para mantener su eficacia ante un incremento futuro del área impermeable del predio o un crecimiento de la intensidad de las lluvias por el cambio climático.
- **Mantenimiento (10%):** Es el criterio de menor peso, enfocado en la facilidad y la periodicidad de intervención necesaria para asegurar la operatividad a largo plazo del sistema.

### 2.5.3. Selección de alternativa

El proceso de evaluación de las alternativas técnicas se realizó mediante una metodología multicriterio basada en una escala de Likert de cinco puntos.

**Tabla 2.5**

*Métricas de evaluación para la escala de Likert*

Bajo desempeño	Desempeño deficiente	Desempeño aceptable	Buen desempeño	Óptimo desempeño
1	2	3	4	5

**Tabla 2.6**

*Escala de Likert*

	Infraestructura gris	Zanjas de infiltración	Celdas modulares de retención
Eficiencia hidráulica	3	4	5
Impacto ambiental	1	5	4
Costo de implementación	5	4	3

Integración y uso del espacio	3	3	4
Adaptación futura	2	3	4
Mantenimiento	3	2	3
<b>Total</b>	17	21	23

Los resultados del análisis multicriterio confirman que la solución de celdas modulares Aquacell es la alternativa óptima. Este sistema ofrece el desempeño hidráulico superior y la mejor adaptabilidad futura, ya que su principio de retención subterránea permite el control de caudales pico sin comprometer el espacio superficial (ubicación bajo estacionamientos o áreas verdes). Además, habilita la reutilización del agua almacenada para riego, añadiendo un valor estratégico de sostenibilidad hídrica. Si bien las zanjas filtrantes son ambientalmente favorables, fueron relegadas por su riesgo operativo a largo plazo. La literatura evidencia que la colmatación por sedimentos disminuye drásticamente su rendimiento en pocos años (Locatelli et al., 2020), lo que la hace menos robusta para garantizar la resiliencia continua del proyecto.

## Capítulo 3

### **3. DISEÑO**

#### **3.1. Diseño de la red convencional de drenaje pluvial – período de retorno = 5 años**

El diseño del sistema de drenaje pluvial para la urbanización Los Girasoles se fundamenta en criterios hidrológicos, hidráulicos y de gestión del riesgo, con el objetivo de garantizar un funcionamiento adecuado frente a eventos de precipitación intensa y, al mismo tiempo, promover una gestión sostenible de las aguas lluvias. Estos criterios se definen considerando las condiciones climáticas, topográficas y urbanísticas del área de estudio, así como el tipo de ocupación del suelo correspondiente a una urbanización de carácter residencial.

Para la selección del período de retorno se adopta como referencia la Norma Técnica Interna de Drenaje Pluvial de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS, 2023), la cual establece valores diferenciados en función del tipo de ocupación del área de influencia de la obra, según la tabla 3.1. De acuerdo con dicha normativa, para áreas residenciales se recomienda un período de retorno de cinco años, criterio que se adopta como base para el diseño inicial del sistema de drenaje pluvial de la urbanización Los Girasoles.

La elección de un período de retorno de cinco años para el diseño preliminar responde a la necesidad de evitar el sobredimensionamiento de la infraestructura hidráulica, permitiendo obtener diámetros y profundidades constructivamente viables y acordes con las condiciones urbanas del proyecto. No obstante, con el fin de evaluar la robustez del sistema y su comportamiento frente a eventos de mayor magnitud, los

diámetros resultantes del diseño para cinco años serán verificados hidráulicamente considerando un período de retorno de diez años. Esta verificación permitirá analizar la capacidad del sistema ante escenarios más exigentes, identificando posibles tramos críticos o condiciones de sobrecarga sin que ello implique, en primera instancia, un incremento innecesario de las dimensiones del sistema.

Este enfoque se enmarca en el concepto de escala de diseño, entendido como un compromiso entre el nivel de amenaza y la vulnerabilidad del sistema. El nivel de amenaza se asocia a la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos que puedan superar la capacidad del sistema, mientras que la vulnerabilidad se relaciona con las pérdidas potenciales asociadas a una eventual falla. De esta manera, el diseño adoptado busca equilibrar criterios de seguridad hidráulica, eficiencia económica y factibilidad constructiva, garantizando un sistema funcional y sostenible para la urbanización.

**Tabla 3.1.**

*Períodos de retorno para diferentes ocupaciones del área (EPMAPS, 2023)*

<b>Tipo de ocupación del área de influencia de la obra</b>	<b>Tr (años)</b>
Residencial	5
Comercial	5
Área con edificios de servicio público	5
Aeropuerto	10
Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10-25
Áreas comerciales y residenciales de mayor impacto	25
Áreas de importancia específica o estratégica	50-100

Las intensidades de precipitación empleadas en el diseño se obtienen a partir de curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) representativas de la ciudad de Guayaquil y detalladas en el Plan Maestro Interagua (2021), mientras que los coeficientes de escorrentía se asignan en función del uso del suelo y del grado de impermeabilización previsto para la urbanización siguiendo los valores presentados por Ven Te Chow (1994). La obtención, análisis y justificación detallada de estos parámetros hidrológicos se presentan en el apartado 2.4.3., por lo que en esta sección se emplean únicamente como insumos de diseño para el dimensionamiento hidráulico del sistema.

Las áreas de aportación consideradas corresponden a las superficies urbanizadas y proyectadas dentro de la urbanización Los Girasoles, las cuales se encuentran detalladas en la Tabla 2.2, donde se resume la distribución de usos del suelo y su contribución al escurrimiento superficial.

A partir de estas áreas de aportación, se procede a estructurar hidráulicamente la red de drenaje pluvial mediante la definición de tramos comprendidos entre pozos de análisis consecutivos. Para cada tramo se determina el área propia de contribución, entendida como la superficie que aporta directamente al tramo considerado, así como el área acumulada, que corresponde a la suma del área propia más las áreas aportantes de los tramos aguas arriba. Este procedimiento permite reflejar de manera progresiva el incremento del caudal a lo largo de la red conforme se integran nuevas áreas de escorrentía.

Adicionalmente, se consideran las longitudes de cada tramo hidráulico, medidas a partir del trazado preliminar de la red definido sobre el Modelo Digital del Terreno. Estas

longitudes, junto con las áreas de aportación propias y acumuladas, constituyen los parámetros fundamentales para el cálculo de caudales, la asignación de pendientes y el posterior dimensionamiento de los colectores pluviales.

La Tabla 3.2 sintetiza la información hidrológica y geométrica de la red de drenaje pluvial, agrupando los tramos según su función dentro del sistema. Se observa una clara diferenciación entre ramales secundarios, encargados de la captación inicial de escorrentía, y la red troncal, donde el área acumulada crece progresivamente hasta alcanzar un total aproximado de 13.93 ha en el punto de descarga. Las longitudes de los tramos presentan valores relativamente homogéneos, controlados principalmente por la configuración urbana del proyecto, mientras que las áreas propias disminuyen en los tramos finales. El detalle completo por tramo se presenta en el anexo correspondiente.

**Tabla 3.2.**

*Resumen hidrológico de áreas de aporte y geometría de la red de drenaje*

<b>Componente del sistema</b>	<b>Área propia típica (ha)</b>	<b>Área acumulada final (ha)</b>	<b>Longitud típica de tramo (m)</b>	<b>Función hidráulica</b>
Ramales secundarios	0.03 – 0.34	hasta 0.95	50 – 65	Captación y conducción inicial
Tramos intermedios de red troncal	0.43 – 0.48	2.0 – 8.7	63 – 67	Transporte principal de caudal
Tramos finales de red troncal	0.03 – 0.23	10.0 – 13.93	22 – 54	Conducción de caudal máximo
Sistema completo	—	<b>13.93 ha</b>	—	Drenaje integral del área de estudio

Nota. Elaborada por autores

Previo a la aplicación del método racional, se emplea el tiempo de concentración como un parámetro fundamental para la caracterización hidráulica del sistema de drenaje pluvial. Este tiempo representa el intervalo necesario para que el agua de lluvia generada en el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca alcance el punto de salida considerado, y permite definir la duración crítica de la tormenta asociada al cálculo del caudal pico. Se sigue la siguiente formulación:

$$t_c = t_e + t_f$$

En donde,

$t_c =$  *Tiempo de concentración* (min)

$t_e =$  *Tiempo inicial o de entrada al sistema de alcantarillado* (min)

$t_f =$  *Tiempo de flujo a lo largo de los conductos del sistema de alcantarillado* (min)

El tiempo de concentración determinado en esta etapa será utilizado para obtener las intensidades de precipitación correspondientes, de acuerdo con la formulación de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia desarrollada y detallada con anterioridad. De esta manera, se asegura que las intensidades de lluvia empleadas en el diseño sean coherentes con la duración efectiva del evento que genera el máximo caudal de escorrentía.

Para el cálculo del tiempo de recorrido se utilizó la formulación de Viparelli (1961), como se detalla a continuación.

$$t_c = \frac{L}{60 * V}$$

En esta expresión, la variable L representa la longitud de cada tramo de tubería comprendido entre pozos, expresada en metros, mientras que V corresponde a la

velocidad media del flujo en dicho tramo. Para la etapa de diseño se adopta una velocidad económica de 1.2 m/s, valor representativo para sistemas de drenaje pluvial urbano y adecuado para estimar el tiempo de tránsito del agua dentro de los conductos. El tiempo inicial se lo fijará en 10 minutos, siendo el mínimo 5 minutos para áreas residenciales. El detalle completo de estos valores se encuentra en el anexo correspondiente. Sin embargo, siguiendo con esta formulación, se obtiene a modo de ejemplo los siguientes valores:

**Tabla 3.3.**

*Tiempos de concentración*

Pozos de análisis		Tiempo inicial (min)	Tiempo de recorrido (min)	Tiempo de concentración (min)
Pozo inicial	Pozo final			
1	2	10.00	1.23	11.23
2	3	11.23	0.67	11.91
3	4	11.91	0.90	12.81

*Nota. Elaborada por autores*

Con los parámetros hidrológicos y geométricos previamente determinados, se procede a la estimación de los caudales de diseño mediante la aplicación del método racional. Para cada tramo de la red se considera el área acumulada de aportación correspondiente, junto con el tiempo de concentración calculado de forma acumulativa, el cual permite seleccionar la intensidad de precipitación asociada a partir de la formulación de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia desarrollada anteriormente.

$$Q = C * I * A$$

En donde,

$C =$  *Coefficiente de escorrentía*

$I =$  *Intensidad de precipitación*  $\left(\frac{mm}{h}\right)$

$A =$  *Área de la cuenca de aporte (ha)*

A partir de los caudales de diseño obtenidos mediante la aplicación del método racional, se procede al dimensionamiento de los diámetros de tubería correspondientes a cada tramo de la red de drenaje pluvial. Para ello, se emplea la formulación hidráulica despejada de la ecuación de caudal de Manning (1889), de la siguiente manera:

$$D = \left( \frac{3.21 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

la cual permite relacionar el caudal (Q), la pendiente (S) y las características del material (coeficiente de rugosidad – n). Este procedimiento permite estimar un diámetro inicial para cada tramo, el cual servirá como punto de partida para el análisis hidráulico.

Para este apartado se realiza un proceso iterativo de ajuste de pendientes con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Para tramos de mayor longitud se adopta como referencia una pendiente mínima del 0.5%, valor que asegura condiciones adecuadas de autolimpieza y evita problemas de sedimentación. No obstante, estas pendientes pueden variar según las condiciones particulares de cada tramo, incrementándose o reduciéndose en función de los resultados de la verificación hidráulica.

La verificación del diseño se realiza evaluando criterios hidráulicos fundamentales, tales como los porcentajes de ocupación de los conductos, las velocidades mínimas y máximas del flujo y la capacidad de conducción de cada tramo. El ajuste conjunto de diámetros y pendientes permite alcanzar un equilibrio entre eficiencia

hidráulica y factibilidad constructiva, evitando tanto el sobredimensionamiento de la red como condiciones de operación deficientes. La tabla 3.4 presenta una síntesis del proceso de dimensionamiento hidráulico de la red de drenaje pluvial, agrupando los tramos según su función dentro del sistema. Se observa que los caudales de diseño aumentan progresivamente desde los ramales secundarios hasta los tramos finales de la red troncal, alcanzando valores cercanos a 1.50 m<sup>3</sup>/s en la descarga del sistema. El detalle de resultados se podrá encontrar en anexos A.

**Tabla 3.4.**

*Caudales de diseño – diámetros para cada tramo.*

<b>Sector del sistema</b>	<b>Rango de caudales (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Pendientes típicas (m/m)</b>	<b>Diámetro hidráulico requerido (mm)</b>	<b>Diámetro adoptado (mm)</b>
Ramales secundarios	0.02 – 0.12	0.010 – 0.050	144 – 244	250 – 400
Tramos iniciales red troncal	0.12 – 0.49	0.025 – 0.050	240 – 434	300 – 500
Tramos intermedios red troncal	0.49 – 0.90	0.015 – 0.030	498 – 761	600 – 900
Tramos finales red troncal	0.90 – 1.49	0.005 – 0.020	653 – 953	900 – 1100

*Nota. Elaborada por autores*

Las pendientes longitudinales de los tramos fueron ajustadas dentro de un rango mínimo y máximo con el fin de cumplir los criterios hidráulicos de funcionamiento del sistema. En este diseño, se adoptaron pendientes mínimas del orden de 0.5% para garantizar velocidades suficientes que eviten procesos de sedimentación, mientras que las pendientes máximas alcanzan valores de hasta 5% en tramos puntuales, ajustándose a la

pendiente natural del terreno. La adopción de pendientes mayores responde a la necesidad de respetar la topografía existente y asegurar una conducción por gravedad eficiente, controlando las velocidades resultantes mediante la verificación de los límites máximos y mínimos establecidos para el sistema.

A continuación, se presentarán las ecuaciones usadas para la verificación de los criterios hidráulicos, mediante un ejemplo de aplicación para el primer tramo de análisis.

**Tabla 3.5**

*Tramo de ejemplo de aplicación*

Pozos de análisis		Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Pendiente (m/m)	Diámetro de diseño (mm)	Diámetro elegido (mm)
Pozo inicial	Pozo final				
1	2	0.012	0.020	124	250

*Nota. Elaborada por autores*

- **Radio hidráulico**

$$R_{ho} = \frac{D}{4} = \frac{0.250}{4} = 0.063 \text{ m}$$

- **Velocidad**

$$V_o = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.013} * 0.063^{\frac{2}{3}} * 0.020^{\frac{1}{2}} = 1.71 \text{ m/s}$$

- **Caudal**

$$Q_o = V * A = V * \frac{\pi D^2}{4} = 1.71 * \frac{\pi 0.250^2}{4} = 0.084 \text{ m}^3/\text{s}$$

A partir de este punto se puede obtener la siguiente relación,

$$\frac{Q}{Q_o} = \frac{0.012}{0.084} = 0.14$$

A partir de esta relación adimensional se procede a la determinación de los parámetros hidráulicos correspondientes, mediante el uso de valores tabulados obtenidos de las tablas de propiedades hidráulicas para conducciones de sección circular, las cuales se presentan en el Anexo A. Una vez determinadas las nuevas relaciones hidráulicas, es posible calcular las velocidades reales de flujo en cada uno de los tramos de la red, paso que resulta fundamental para verificar el adecuado funcionamiento del sistema, ya que permite evaluar el cumplimiento de las condiciones hidráulicas establecidas para el diseño.

Adicionalmente, la verificación hidráulica del sistema considera el análisis de la fuerza tractiva ejercida por el flujo sobre el fondo de los conductos. La fuerza tractiva se evalúa como un parámetro clave para garantizar condiciones adecuadas de autolimpieza y estabilidad hidráulica, evitando tanto la deposición de sedimentos como procesos de erosión interna. Según Chow (1994) se calcula la fuerza tractiva a partir del radio hidráulico y la pendiente hidráulica, teniendo la siguiente configuración:

$$\tau = \gamma * R_h * S$$

En donde,

$\gamma$  = peso específico del agua (1000 N/m<sup>3</sup>)

$R_h$  = Radio hidráulico (m)

$S$  = pendiente de energía – línea hidráulica (m/m)

La tabla 3.6 presenta las condiciones hidráulicas consideradas para la verificación del funcionamiento de la red de drenaje pluvial

**Tabla 3.6.**

*Condiciones hidráulicas de verificación.*

Número	Condición
1	$\frac{H}{D} \leq 0.80$
2	$\frac{d}{D} \leq 0.80$
3	$\frac{Q}{Q_0} \leq 0.80$
4	$V - V_0 \leq 5\%$
5	$V_{min} \geq 0.90 \text{ m/s}$
6	$V_{max} \leq 3.5 \text{ m/s}$
7	$\tau \geq 0.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

*Nota. Elaborada por autores*

Se adopta una velocidad mínima de 0.90 m/s con el objetivo de asegurar condiciones de autolimpieza en las tuberías, evitando la sedimentación de sólidos y la pérdida de capacidad hidráulica. Por otro lado, se establece una velocidad máxima de 3.5 m/s como límite para prevenir procesos de erosión interna, desgaste prematuro de las tuberías y posibles daños estructurales en los elementos del sistema.

De tal manera, se obtienen los siguientes resultados para cada uno de los tramos, los cuales son presentados en los anexos correspondientes.

La tabla 3.7 corresponde a las pérdidas en los pozos, y esta resume el análisis de las pérdidas de energía localizadas que se producen en cada cámara de inspección del

sistema de drenaje pluvial. Estas pérdidas se originan principalmente por cambios en el diámetro de los conductos, variaciones de velocidad, alineamientos, ángulos de entrada y salida, así como por la propia geometría del pozo, y tienen una influencia directa sobre la línea de energía del sistema (Chow, 1994). Sigue la siguiente formulación:

$$H_r = (d_2 - d_1) + \left( \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) + K * \left( \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) + K_c \frac{V_m^2}{2g}$$

Para cada tramo se consideran las velocidades de entrada y salida en el pozo, a partir de las cuales se determina la pérdida de energía asociada, expresada en términos de carga hidráulica. Este procedimiento permite evaluar la variación de la línea de energía entre tramos consecutivos y verificar que el sistema mantenga un gradiente hidráulico continuo y estable a lo largo de toda la red.

Se adoptó una configuración de la red en la que los empates entre tramos se realizan, en la medida de lo posible, mediante alineaciones rectas ( $\approx 180^\circ$ ) y cambios de dirección controlados de  $90^\circ$  y  $45^\circ$ , con el objetivo de minimizar las pérdidas locales en pozos asociadas a turbulencia y cambios bruscos de momento. Esta decisión permite optimizar la línea de energía y reducir el riesgo de incrementos de carga hidráulica en puntos de unión, mejorando el desempeño global del sistema como se muestra a continuación.

**Tabla 3.7.**

*Resumen de pérdidas de los pozos de análisis en relación al ángulo utilizado en los tramos*

Ángulo de deflexión	Pozos asociados	Rango de pérdidas hr (m)	Comportamiento hidráulico
180°	Tramos alineados y empates directos entre pozos consecutivos (ej.: 1-3, 3-5, 5-7, 7-9, 9-11, 11-13, 13-15, 15-17, 17-19, 19-21, ramales directos)	0.01 – 0.53	Pérdidas bajas a moderadas; flujo más uniforme y menor generación de turbulencia
135°	Pozos con cambios de dirección intermedios (ej.: 18-20, 20-22, ramales secundarios con deflexión parcial)	0.09 – 0.12	Pérdidas moderadas; incremento controlado de turbulencia y disipación de energía
90°	Pozos con cambios bruscos de dirección o empates laterales (ej.: 4_2-5, 5_2-6, 7_3-8, 8_2-9, 9_2-10, 11_3-12, 12_2-13, 13_2-14, 15_3-16, 16_2-17, 17_1-18)	0.08 – 2.20	Pérdidas altas; mayor generación de turbulencia, remolinos y disipación de energía

*Nota. Elaborada por autores*

La Tabla 3.8 consolida la verificación hidráulica del sistema de drenaje pluvial a partir de los parámetros hidráulicos fundamentales de cada tramo comprendido entre cámaras de inspección. En esta tabla se presentan la profundidad hidráulica, el número de Froude y el tipo de flujo asociado, tanto al inicio como al final de cada tramo, permitiendo identificar el régimen de flujo predominante a lo largo de la red.

Para calcular la profundidad se utiliza la siguiente relación con los parámetros obtenidos previamente:

$$\frac{H}{D} * D$$

Con este dato se calcula el número de Froude (1874) con la siguiente formulación:

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gH}}$$

En donde,

$$\text{Subcrítico} \rightarrow F < 1$$

$$\text{Crítico} \rightarrow F = 1$$

$$\text{Supercrítico} \rightarrow F > 1$$

**Tabla 3.8.**

*Síntesis del régimen de flujo en la red de drenaje pluvial.*

Sector del sistema	Rango de profundidades H (m)	Rango de Número de Froude (NF)	Régimen predominante	Implicaciones hidráulicas
Ramales secundarios	0.05 – 0.15	1.02 – 2.43	Supercrítico	Altas velocidades, control de erosión
Tramos iniciales red troncal	0.19 – 0.33	1.73 – 2.16	Supercrítico	Flujo rápido, adecuada capacidad de transporte
Zona de transición	0.38 – 0.51	0.90 – 1.48	Mixto	Cambios de régimen y disipación natural
Tramos intermedios y finales	0.59 – 0.66	0.80 – 0.85	Subcrítico	Control del tirante y estabilidad del flujo

*Nota. Elaborada por autores*

Los resultados evidencian que los tramos iniciales de la red operan predominantemente bajo régimen supercrítico, con valores de número de Froude que alcanzan máximos superiores a 2.427 en algunos subtramos secundarios. Este comportamiento es coherente con las pendientes adoptadas en la zona alta del sistema y con el objetivo del diseño pluvial de evacuar rápidamente los caudales generados durante

eventos de lluvia intensa. La presencia de flujo supercrítico en estos sectores favorece la eficiencia hidráulica del sistema, siempre que se mantengan controladas las velocidades y las pérdidas de energía, condiciones que fueron verificadas mediante los criterios hidráulicos establecidos.

A medida que el flujo avanza aguas abajo y se incorporan mayores áreas de aportación, se observa una transición progresiva hacia un régimen subcrítico en los tramos principales de la red. En estos sectores, los valores del número de Froude se mantienen consistentemente por debajo de la unidad, lo que indica un flujo más estable, con mayor control del tirante hidráulico y una reducción gradual de la energía cinética del sistema. Esta transición resulta favorable desde el punto de vista operativo, ya que contribuye a disminuir riesgos asociados a erosión interna y facilita el control hidráulico en los pozos de inspección.

En cuanto a las profundidades hidráulicas, los valores obtenidos presentan un rango amplio a lo largo del sistema, reflejando la variabilidad geométrica y topográfica del predio. Las menores profundidades se registran en los tramos iniciales y secundarios, con valores cercanos a 0.05 m, asociados a flujos supercríticos y altas pendientes. Por el contrario, las mayores profundidades hidráulicas se concentran en los tramos finales del sistema, alcanzando valores próximos a 0.90 m, coincidiendo con sectores de régimen subcrítico y mayores caudales acumulados.

Con el fin de sintetizar la verificación hidráulica de la red, la tabla 3.9 presenta un resumen de los principales indicadores de funcionamiento del sistema, considerando la

relación entre rasante, lámina de agua, invert y línea de energía. Este resumen permite evidenciar de manera clara que el sistema opera en condiciones hidráulicas estables, sin sobrecargas ni presurización, y con márgenes de seguridad adecuados a lo largo de toda la red.

**Tabla 3.9.**

*Rangos hidráulicos representativos del sistema.*

<b>Variable</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Observación</b>
Cota de lámina de agua (m s.n.m.)	13.79	50.58	Siempre bajo rasante
Cota de energía (m s.n.m.)	14.11	50.63	Gradiente continuo
Diferencia energía-lámina (m)	0.18	0.85	Pérdidas controladas
Diferencia rasante-lámina (m)	> 1.5	> 5.5	Margen de seguridad

*Nota. Elaborada por autores*

La comparación entre las cotas de la lámina de agua y las cotas de rasante confirma que el flujo se mantiene confinado dentro de los conductos, sin evidencia de sobrecarga o surgencia en los pozos de inspección para el período de retorno de diseño. Asimismo, el análisis de la cota de energía permite verificar que la línea de energía presenta una variación progresiva y controlada, reflejando pérdidas hidráulicas coherentes con los diámetros, pendientes y velocidades adoptadas en el diseño. Los resultados se encuentran en el anexo A para su revisión.

Por otro lado, para la estimación de los volúmenes de excavación y materiales asociados a la construcción del sistema de drenaje pluvial, se emplearon formulaciones geométricas basadas en la profundidad promedio de excavación, el ancho de zanja y la

longitud de cada tramo. A continuación, se detallan las expresiones utilizadas para cada componente del volumen.

- **Profundidad total de excavación**

$$P_{exc} = P_{lomo} + D_{nominal} + h_{arena}$$

- **Ancho de zanja**

$$A_{zanja} = D_{nominal} + 0.60$$

- **Volumen total de excavación**

$$V_{exc} = P_{prom,exc} * L_{tramo} * A_{zanja}$$

- **Volumen de arena (cama de apoyo)**

$$V_{arena} = h_{arena} * L_{tramo} * A_{zanja}$$

- **Volumen de mejoramiento**

$$V_{mej} = (0.40 + D_{nominal}) * L_{tramo} * A_{zanja} - (A_{tubería} * L_{tramo})$$

- **Volumen de relleno de sitio**

$$V_{relleno} = V_{exc} - V_{arena} - V_{mejoramiento} - (A_{tubería} * L_{tramo})$$

Los resultados más relevantes se presentan en la tabla 3.10. En anexos encontraremos el detalle por tramo.

**Tabla 3.10**

*Volumen para movimiento de tierras.*

<b>Concepto</b>	<b>Volumen total (m³)</b>	<b>Observación</b>
Excavación total en zanja	<b>3 887.43</b>	Incluye red principal y ramales secundarios
Desalojo de material excedente	<b>1 496.50</b>	Transporte a botadero autorizado
Capa de arena para apoyo de tubería	<b>282.60</b>	Espesor promedio 10–15 cm
Material de mejoramiento de fondo	<b>1 062.30</b>	Estabilización de la zanja
Relleno y compactación final	<b>2 045.90</b>	Reposición del terreno original

El volumen total de excavación calculado para el sistema de drenaje pluvial asciende a 3 887,43 m<sup>3</sup>, lo que evidencia la magnitud de los movimientos de tierra requeridos y la necesidad de una planificación constructiva rigurosa, tanto en términos de secuencia de obra como de gestión de materiales y transporte.

Las profundidades al lomo del conducto presentan un rango amplio a lo largo de la red. En los tramos iniciales y ramales secundarios se registran valores mínimos del orden de 1,25 m a 1,50 m, mientras que en los tramos principales aguas abajo se alcanzan profundidades máximas cercanas a 7,27 m, asociadas a la acumulación progresiva de caudales y al incremento de diámetros. En concordancia con ello, la profundidad total de excavación alcanza valores máximos próximos a 7,13 m, concentrándose en los tramos finales del sistema, donde es necesario mantener pendientes hidráulicamente funcionales y garantizar la continuidad del flujo por gravedad.

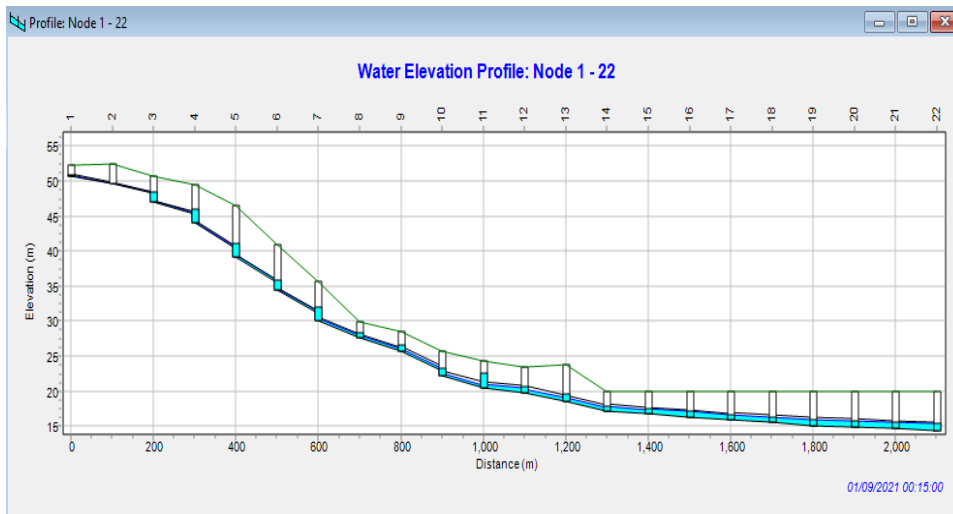
El ancho de zanja adoptado varía entre 0,88 m y 1,75 m, incrementándose en función del diámetro de las tuberías y de la profundidad de excavación. Este criterio asegura el espacio suficiente para la correcta colocación de los conductos, la ejecución de la cama de arena, el mejoramiento del fondo y la compactación adecuada del relleno, reduciendo el riesgo de asentamientos diferenciales.

En términos de volúmenes parciales, los tramos con mayores profundidades concentran los mayores volúmenes individuales de excavación, alcanzando valores del orden de 600 a 615 m<sup>3</sup> por tramo, mientras que los tramos más cortos y someros presentan volúmenes significativamente menores, generalmente entre 100 y 150 m<sup>3</sup>. El volumen de desalojo, calculado considerando el factor de esponjamiento, alcanza valores máximos

cercanos a 204 m<sup>3</sup> en los tramos más exigentes, lo que tiene una incidencia directa en la logística de obra, la programación de equipos y los costos asociados al transporte y disposición del material excavado.

**Figura 3.1.**

*Red convencional - período de diseño = 5 años*



La Figura 3.1 presenta el perfil longitudinal de la red de drenaje pluvial modelada en EPA SWMM, correspondiente al tramo comprendido entre los nodos 1 y 22, bajo el escenario de diseño asociado a un período de retorno de 5 años. En el perfil se representan de manera simultánea la rasante del terreno, el fondo de los conductos, así como la línea de energía hidráulica (lámina de agua), permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico del sistema a lo largo de toda su extensión.

En los tramos iniciales del sistema, el perfil evidencia un comportamiento hidráulico ampliamente satisfactorio, caracterizado por láminas de agua que se mantienen claramente por debajo de la cota de rasante y del intradós de los conductos. Esta condición

refleja que, en estas secciones, el sistema opera con holgura hidráulica, sin restricciones al flujo y con velocidades compatibles con los criterios de diseño adoptados. La pendiente longitudinal relativamente pronunciada en estos tramos favorece la evacuación eficiente de los caudales generados en las áreas de aporte iniciales.

A medida que el flujo avanza aguas abajo y se incorporan progresivamente mayores áreas tributarias, se observa un incremento gradual del tirante hidráulico, lo cual es coherente con la acumulación de caudal a lo largo de la red. No obstante, incluso en estos tramos intermedios, la lámina de agua se mantiene por debajo de la cota de rasante, sin evidenciar condiciones de sobrepresión ni funcionamiento a sección llena, confirmando que el sistema responde adecuadamente al caudal de diseño.

En los tramos finales de la red, el perfil longitudinal muestra una aproximación más cercana entre la lámina de agua y la cota de rasante, lo que indica que el sistema opera en condiciones hidráulicamente más exigentes, propias de zonas donde convergen los mayores caudales del sistema. Esta situación está asociada, principalmente, a la reducción de la pendiente longitudinal y al efecto acumulativo del escurrimiento proveniente de toda la cuenca drenada.

Sin embargo, es importante destacar que, aun en estas condiciones, no se observa sobrepaso de la rasante ni inundación de nodos, lo que confirma que el sistema cumple con los criterios hidráulicos establecidos para el período de retorno de 5 años. La lámina de agua se mantiene contenida dentro de los conductos, preservando un margen de seguridad hidráulica suficiente para el escenario de diseño adoptado.

El perfil obtenido permite interpretar que el sistema ha sido dimensionado de forma eficiente y coherente, logrando un equilibrio entre capacidad hidráulica y optimización de pendientes y diámetros. No obstante, la cercanía observada entre la lámina de agua y la rasante en los tramos finales sugiere que el sistema opera próximo a su condición de diseño, lo cual es técnicamente aceptable para un evento de 5 años, pero evidencia una sensibilidad natural del sistema ante incrementos de caudal.

Desde una perspectiva de gestión integral del drenaje urbano, este comportamiento respalda la conveniencia de incorporar medidas complementarias de retención y atenuación de caudales, no como respuesta a una falla del sistema, sino como una estrategia de mejora del desempeño hidráulico y de aumento de la resiliencia frente a eventos de mayor intensidad, escenarios de cambio climático o condiciones operativas desfavorables (sedimentación, obstrucciones parciales, envejecimiento de la infraestructura).

### **3.2. Comprobación de la red convencional ante un período de retorno de 10 años**

Con el fin de evaluar la robustez hidráulica del sistema de drenaje pluvial diseñado, se realiza la comprobación de la red convencional ante un período de retorno de 10 años. Este análisis tiene como objetivo verificar el comportamiento del sistema frente a eventos de precipitación de mayor magnitud que el adoptado en el diseño base, permitiendo identificar posibles limitaciones hidráulicas y sectores vulnerables a sobrecargas.

Para esta comprobación se utilizan las mismas dimensiones geométricas obtenidas en el diseño para un período de retorno de 5 años, incluyendo diámetros de tubería, pendientes longitudinales, profundidades de instalación y configuración de pozos de inspección. De esta manera, el análisis se enfoca exclusivamente en evaluar el desempeño hidráulico del sistema ante el incremento de caudales asociados al nuevo período de retorno, sin introducir modificaciones geométricas que puedan alterar la comparación entre escenarios.

Los caudales de diseño correspondientes al período de retorno de 10 años se determinan empleando los mismos criterios hidrológicos definidos previamente, actualizando únicamente las intensidades de precipitación de acuerdo con las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia para dicho período de retorno. El tiempo de concentración y los coeficientes de escorrentía se mantienen constantes, asegurando consistencia metodológica y permitiendo aislar el efecto del aumento de la intensidad de lluvia sobre el comportamiento del sistema. El resumen se encuentra detallado en la tabla 3.11.

**Tabla 3.11**

*Resumen de caudales de diseño – Período de retorno = 10 años*

<b>Elemento de la red</b>	<b>Rango de caudales (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Observación hidráulica</b>
Tramos iniciales (1–4)	0.014 – 0.053	Caudales bajos, asociados a áreas de aporte reducidas
Tramos intermedios (4–10)	0.183 – 0.808	Incremento progresivo por incorporación de subcuencas
Tramos finales (10–E)	0.863 – 1.711	Zona de mayor exigencia hidráulica del sistema

Ramales secundarios	0.027 – 0.139	Aportes locales que se integran a la red principal
<b>Caudal máximo del sistema</b>	<b>1.711 m<sup>3</sup>/s (tramo 20–21)</b>	Condición crítica de diseño

*Nota. Elaborada por autores. El detalle de los caudales por tramo y ramal se presenta en el Anexo correspondiente.*

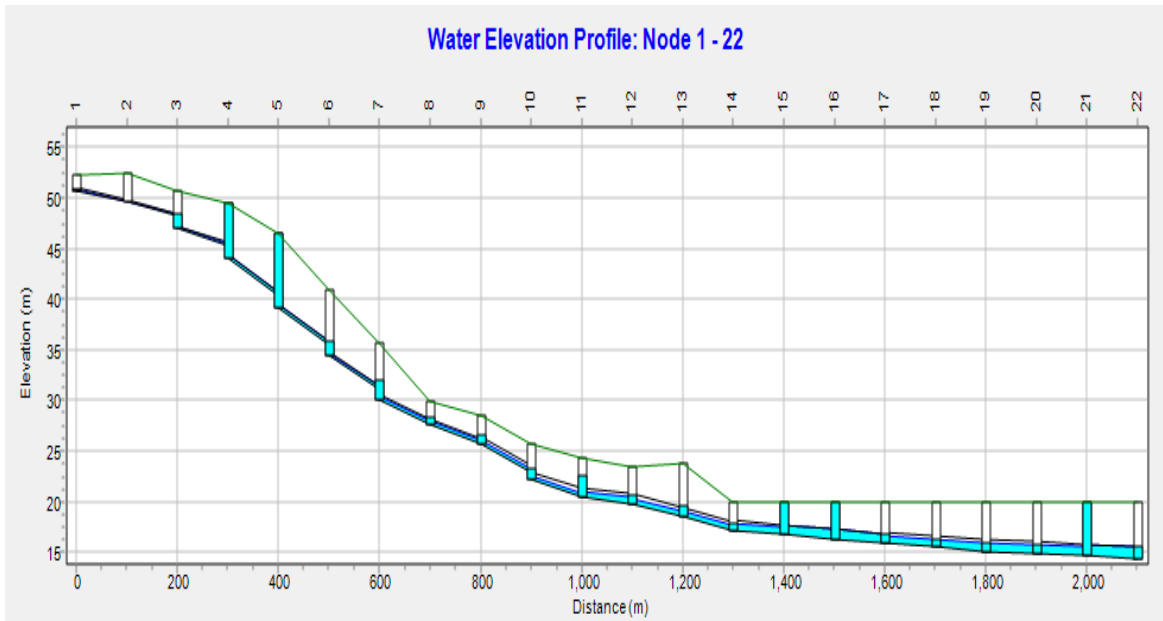
Los caudales de diseño obtenidos para el período de retorno de 10 años evidencian el comportamiento característico de una red troncal de drenaje pluvial, en la cual el caudal se incrementa progresivamente en sentido aguas abajo conforme se incorporan nuevas áreas de aportación y aportes laterales provenientes de ramales secundarios. En la línea principal comprendida entre los nodos 1 y 22, el caudal aumenta desde valores reducidos en los primeros tramos (por ejemplo, 0.014 m<sup>3</sup>/s en el tramo 1–2) hasta alcanzar valores del orden de 1.6 a 1.7 m<sup>3</sup>/s en los tramos finales del sistema.

El mayor caudal de diseño se registra en el tramo 20–21, con un valor aproximado de 1.711 m<sup>3</sup>/s, manteniéndose posteriormente valores muy cercanos hasta el punto de descarga, con 1.708 m<sup>3</sup>/s en el tramo 21–22 y 1.696 m<sup>3</sup>/s en el tramo 22–E, lo que confirma que el sistema alcanza su máxima demanda hidráulica en el último tercio de la red.

Con estos caudales correspondientes al escenario de  $T_r = 10$  años, se procede a ejecutar la simulación hidráulica en EPA SWMM, manteniendo las dimensiones adoptadas para el diseño base ( $T_r = 5$  años), incluyendo diámetros de tubería, pendientes longitudinales, profundidades de instalación y configuración de los pozos de revisión, con el objetivo de evaluar el comportamiento hidráulico del sistema bajo condiciones más exigentes.

**Figura 3.2.**

*Red convencional - período de diseño = 10 años*



Según se muestra en la figura 3.2, en los tramos iniciales y medios de la red (aproximadamente desde el nodo 1 hasta el nodo 10), el comportamiento hidráulico se mantiene relativamente estable. La lámina de agua permanece contenida dentro de los conductos y se observa un margen razonable respecto a la cota de rasante, lo que indica que en estos sectores la red aún es capaz de absorber el incremento de caudal sin presentar condiciones críticas. Este comportamiento es consistente con la presencia de pendientes más pronunciadas y menores caudales acumulados.

No obstante, a partir de los tramos intermedios hacia aguas abajo (aproximadamente desde el nodo 11 en adelante), el perfil evidencia un incremento progresivo del tirante hidráulico, acompañado de una reducción significativa del margen libre entre la lámina de agua y la rasante del terreno. En estos sectores, la red comienza a operar cercana a su capacidad máxima, reflejando que los diámetros definidos para el

escenario de 5 años resultan limitantes frente a los caudales asociados a un período de retorno de 10 años.

En los últimos tramos del sistema (nodos 16 a 22), el perfil muestra condiciones particularmente críticas. La lámina de agua se aproxima de forma considerable a la cota de rasante, e incluso se observan sectores donde el tirante prácticamente ocupa la totalidad del conducto. Esta condición indica un alto riesgo de sobrecarga hidráulica, lo que podría traducirse en surgencias en los pozos de inspección, pérdidas de eficiencia del sistema y potenciales anegamientos superficiales ante eventos de lluvia intensos o ante cualquier obstrucción parcial del sistema.

Asimismo, el perfil refleja que en estos tramos finales la pendiente longitudinal es menor, lo que, combinado con los mayores caudales acumulados, reduce la capacidad de evacuación por gravedad y favorece la acumulación de energía hidráulica dentro del sistema. Este comportamiento confirma que la red convencional, aun cuando cumple adecuadamente para el período de retorno de 5 años, no presenta un margen de seguridad suficiente para eventos de mayor recurrencia cuando se mantiene sin modificaciones geométricas.

### **3.3. Sistema urbano de drenaje sostenible (infraestructura gris + módulos de retención)**

A partir de los resultados obtenidos en el análisis y comprobación de la red convencional de drenaje pluvial, se evidencia que, si bien el sistema diseñado para un período de retorno de 5 años cumple adecuadamente bajo dicho escenario, presenta limitaciones hidráulicas y riesgos de sobrecarga cuando es sometido a caudales

correspondientes a un período de retorno de 10 años, especialmente en los tramos finales de la red. Esta condición pone de manifiesto la necesidad de incorporar soluciones complementarias que permitan mejorar el desempeño hidráulico del sistema y aumentar su resiliencia frente a eventos de mayor magnitud.

En este contexto, se propone la implementación de un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) basado en la integración de infraestructura gris convencional con módulos de retención enterrados. Este enfoque híbrido permite mantener la funcionalidad de la red de alcantarillado pluvial existente, al tiempo que se introducen elementos de control de volumen que reducen los caudales pico y alivian la carga hidráulica transmitida hacia los tramos críticos del sistema.

### **3.3.1. Módulos de retención (Aquacell)**

Dentro de la propuesta de Sistema Urbano de Drenaje Sostenible, se plantea la incorporación de módulos de retención tipo AquaCell 400, los cuales constituyen una solución de infraestructura gris optimizada para la gestión y control de escorrentías pluviales en entornos urbanos. AquaCell 400 es un sistema modular prefabricado, fabricado en polipropileno 100 % reciclado, diseñado específicamente para el almacenamiento temporal de agua lluvia, con el objetivo de atenuar caudales pico y reducir la carga hidráulica transmitida hacia las redes de drenaje convencionales.

Desde el punto de vista hidráulico, el sistema AquaCell 400 se caracteriza por una alta relación de vacíos del 96 %, lo que permite un volumen neto de almacenamiento de aproximadamente 0.275 m<sup>3</sup> por unidad base. Esta elevada eficiencia volumétrica

posibilita la construcción de tanques enterrados de retención pluvial con una huella reducida, optimizando el uso del espacio disponible en zonas urbanizadas.

El sistema está concebido para funcionar como un elemento de retención y atenuación, almacenando temporalmente el exceso de escorrentía generado durante eventos de lluvia intensa y liberándolo posteriormente hacia la red pluvial de forma controlada, o bien facilitando procesos de infiltración o reúso, según el esquema hidráulico adoptado. Este comportamiento resulta particularmente adecuado para complementar redes convencionales que operan cercanas a su capacidad máxima, como se ha evidenciado en la comprobación de la red ante un período de retorno de 10 años.

Desde el punto de vista estructural y constructivo, AquaCell 400 cumple con las normas BS EN 17152-1 e ISO 4981, lo que garantiza su desempeño mecánico frente a cargas verticales y su idoneidad para instalación enterrada. El sistema cuenta con versiones regular y reforzada, permitiendo profundidades máximas de instalación de hasta 8.0 m, siempre que se cumplan las condiciones de recubrimiento y análisis geotécnico-correspondientes. El fabricante recomienda un recubrimiento mínimo de 0.30 m sobre la cara superior del tanque, criterio que debe ser verificado en función del tipo de suelo y nivel freático existente.

Adicionalmente, los módulos AquaCell 400 disponen de accesos verticales para inspección y mantenimiento, así como adaptadores de conexión compatibles con diámetros de tubería comunes en sistemas pluviales urbanos. Esto facilita su integración con la infraestructura existente y asegura la operatividad y mantenibilidad del sistema a lo largo de su vida útil. (Pavco Wavin, 2023)

**Figura 3.3.**

*Dimensiones de los módulos de retención Aquacell 400 (Pavco Wavin, 2023)*



### 3.3.2. Hidrograma sintético y volumen del tanque de tormenta

El análisis inicia con la generación del hidrograma de entrada correspondiente al evento de diseño, obtenido a partir del modelo hidrológico implementado en EPA SWMM para el período de retorno considerado. A partir del hidrograma de caudal afluente y del caudal máximo permitido a la salida del sistema, se determina el volumen de almacenamiento requerido para el tanque de amortiguación. En la tabla 3.12 se presentan los parámetros necesarios de diseño para el dimensionamiento del tanque.

**Tabla 3.12**

*Parámetros de entrada para la generación del hidrograma de diseño del sistema Aquacell*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
Tiempo al pico, $T_p$ (min)	36	Tiempo hasta alcanzar el caudal máximo.
Coefficiente de escorrentía, $C$ (-)	0.46	Relación lluvia–escorrentía del área aportante.
Área aferente, $A$ (m <sup>2</sup> )	540	Superficie que aporta escorrentía al sistema.
Intensidad de lluvia, $i$ (mm/h)	112.12	Intensidad de precipitación de diseño.
Caudal de descarga, $Q_{descarga}$ (L/s)	0.00	Caudal de salida considerado para el análisis.

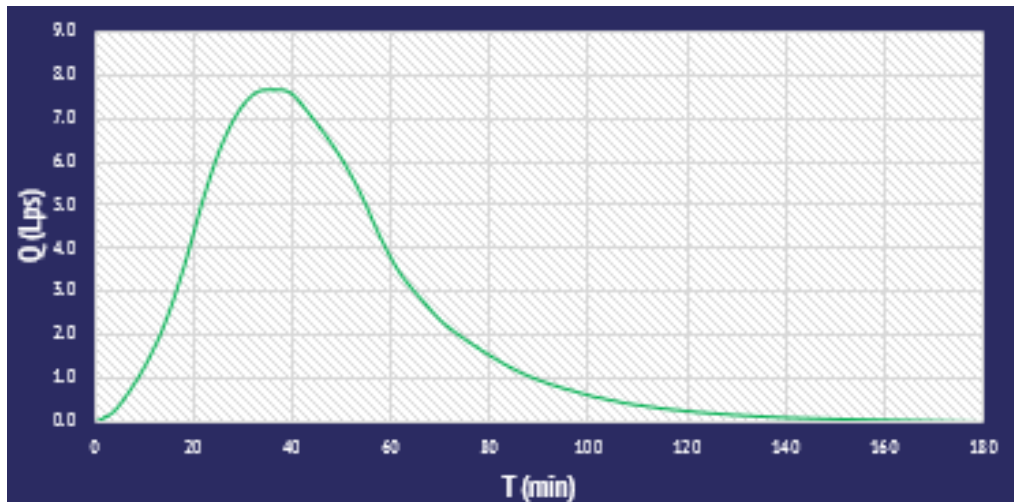
<b>Caudal pico, <math>Q_{pico}</math> (L/s)</b>	7.65	Caudal máximo de entrada al tanque
---	------	------------------------------------

*Nota. Elaborada por autores.*

El caudal pico fue obtenido mediante el uso del método racional, y con los parámetros descritos con anterioridad. De esta forma, se construye el hidrograma sintético de entrada al tanque de amortiguación, representado mediante la relación caudal–tiempo, tabla que se encuentra anexada. En la figura 3.4, el área comprendida bajo la curva del hidrograma corresponde al volumen de retención requerido (22.08 m<sup>3</sup>), a partir del cual se analiza el comportamiento temporal de llenado y vaciado del sistema, así como las verificaciones hidráulicas y estructurales del tanque con celdas Aquacell.

**Figura 3.4.**

*Hidrograma sintético para el volumen a retener en el tanque*



### 3.3.3. Chequeo de resistencia lateral y superior de la celda Aquacell

Una vez definido el volumen requerido, se procede a verificar la capacidad estructural de las celdas Aquacell frente a las cargas actuantes. Este análisis considera las

cargas verticales generadas por el relleno superior, la sobrecarga de tránsito (cuando aplique) y las presiones laterales del suelo circundante.

El chequeo estructural garantiza que las celdas seleccionadas cumplan con los factores de seguridad exigidos frente a esfuerzos de compresión vertical y confinamiento lateral, de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante y las condiciones reales de instalación del proyecto. Los parámetros utilizados están siendo presentados en la tabla 3.13.

**Tabla 3.13**

*Parámetros de diseño del tanque de retención con celdas Aquacell*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
Tipo de celda	Aquacell NG	Celda modular utilizada para el tanque de amortiguación
Tipo de rasante	Parqueadero	Zona donde se ubica el sistema
Carga aproximada de tráfico	3.0 t	Carga superficial considerada en el diseño
Recubrimiento	1.50 m	Profundidad desde rasante hasta la parte superior del tanque
Número de capas	2	Niveles de celdas Aquacell
Altura total del tanque	0.83 m	Altura resultante del apilamiento de celdas
Ancho del tanque	6.00 m	Dimensión transversal del tanque
Largo del tanque	6.00 m	Dimensión longitudinal del tanque
Profundidad al fondo	2.33 m	Distancia desde la rasante hasta la base del tanque
Volumen bruto del tanque	29.70 m <sup>3</sup>	Volumen total de la estructura
Volumen neto de agua	27.36 m <sup>3</sup>	Volumen útil de almacenamiento
Cantidad de unidades base	100	Número de celdas Aquacell NG
Cantidad de tapas laterales	40	Elementos de confinamiento lateral
Cantidad de tapas de fondo	50	Elementos de confinamiento de fondo

*Nota. Elaborada por autores*

Las dimensiones geométricas del tanque de retención con celdas Aquacell se definen a partir de las características modulares del sistema. Tanto el ancho como el largo del tanque se establecen como valores enteros y múltiplos de las dimensiones estándar de la celda, debido a que este tipo de sistema prefabricado no permite cortes ni ajustes parciales de los módulos, garantizando así la integridad estructural y el correcto desempeño hidráulico del conjunto.

La altura total del tanque se obtiene en función del número de capas de celdas Aquacell apiladas. En el presente caso se adoptan dos capas, considerando la altura individual de cada celda y los elementos de confinamiento, lo que resulta en una altura total compatible con las restricciones geométricas del proyecto y con la profundidad disponible bajo la rasante.

El volumen bruto del tanque corresponde al volumen total de la estructura, incluyendo la tapa o losa de fondo, así como los elementos estructurales propios del sistema. Por esta razón, dicho volumen es mayor al volumen efectivo de almacenamiento de agua. El volumen neto de agua almacenada se obtiene considerando la porosidad del sistema, la cual alcanza aproximadamente el 92 % del volumen bruto bajo las condiciones de diseño adoptadas.

Con base en estos criterios, el volumen neto disponible para almacenamiento resulta suficiente para atender el volumen de retención requerido, el cual es del orden de 22 m<sup>3</sup>, proporcionando además un margen adicional de seguridad hidráulica frente a variaciones del evento de diseño o pérdidas operativas.

Finalmente, las cantidades de elementos del sistema (celdas base, tapas laterales y tapas de fondo) se calculan directamente en función de las dimensiones geométricas adoptadas para el tanque, asegurando coherencia entre el diseño volumétrico, la configuración estructural y la estimación de cantidades de obra.

Los chequeos estructurales y volumétricos del sistema de retención con celdas Aquacell se realizaron considerando las propiedades geotécnicas del suelo de fundación y las cargas actuantes sobre el tanque, incluyendo el peso del recubrimiento y la carga aproximada de tráfico en superficie. Se muestran en la tabla 3.14.

**Tabla 3.14**

*Propiedades del suelo consideradas en el análisis*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor adoptado</b>
Clasificación del suelo	Arena muy bien compactada
Peso específico ( $\gamma$ )	2250 kg/m <sup>3</sup>
Ángulo de fricción interna ( $\phi$ )	33°
Peso específico seco ( $\gamma_d$ )	2000 kg/m <sup>3</sup>

*Nota. Elaborada por autores*

A continuación, se presenta la tabla 3.15, un resumen de los chequeos estructurales, hidráulicos y volumétricos del sistema de retención con celdas Aquacell, realizada con base en las condiciones geométricas del tanque, las cargas actuantes y las características geotécnicas del suelo.

**Tabla 3.15***Resumen de verificación estructural y volumétrica del tanque Aquacell*

<b>Chequeo</b>	<b>Resultado</b>
Chequeo de profundidad	OK
Esfuerzo vertical	37.62 kN/m <sup>2</sup>
Esfuerzo lateral superior	14.62 kN/m <sup>2</sup>
Esfuerzo lateral inferior	24.81 kN/m <sup>2</sup>
Chequeo de celdas extrarreforzadas	OK
Chequeo de volumen mínimo	OK

*Nota. Elaborada por autores*

El chequeo estructural del tanque de amortiguación con celdas Aquacell se realiza considerando un horizonte de diseño de 50 años, el cual se adopta como vida útil del sistema. Este criterio es coherente con las recomendaciones del fabricante y con los estándares habituales para infraestructuras enterradas de drenaje urbano, donde se espera un comportamiento estructural estable a largo plazo bajo cargas permanentes.

El análisis contempla la acción combinada de:

- el peso propio del suelo de recubrimiento,
- las cargas superficiales asociadas al tráfico vehicular,
- y las presiones laterales inducidas por el suelo circundante.

A partir de estos parámetros, se determinan los esfuerzos verticales y laterales actuantes sobre el tanque, los cuales son comparados con la capacidad resistente admisible de las celdas Aquacell para el período de servicio considerado. Los resultados obtenidos indican que los esfuerzos generados se mantienen dentro de los límites permisibles, garantizando la estabilidad estructural del sistema durante toda su vida útil.

- **Chequeo de profundidad y recubrimiento**

El chequeo de profundidad tiene como objetivo verificar que la profundidad de enterramiento del tanque y el espesor de recubrimiento cumplen con los requisitos estructurales mínimos del sistema Aquacell. Este análisis es fundamental, ya que la profundidad de instalación influye directamente en los esfuerzos verticales y laterales transmitidos a las celdas.

Para este chequeo se consideran las propiedades geotécnicas del suelo, particularmente el peso específico y el ángulo de fricción interna, asumiendo una condición de suelo arena muy bien compactada. Bajo estas condiciones, se comprueba que la profundidad adoptada no genera esfuerzos superiores a la capacidad estructural del sistema, por lo que el chequeo de profundidad resulta satisfactorio.

- **Chequeo de esfuerzo vertical**

El esfuerzo vertical actuante sobre el tanque se calcula considerando el peso del suelo de recubrimiento y la carga de tráfico aplicada en superficie. De forma simplificada, el esfuerzo vertical puede expresarse como:

$$\sigma_v = \gamma \cdot h + q$$

donde:

- $\gamma$  es el peso específico del suelo,
- $h$  es la altura de recubrimiento,
- $q$  es la carga superficial equivalente por tráfico.

Con los valores adoptados en el diseño, se obtiene un esfuerzo vertical de 37.62 kN/m<sup>2</sup>, el cual se encuentra por debajo del valor admisible del sistema Aquacell para una vida útil de 50 años. Esto confirma que el tanque puede soportar de manera segura las cargas verticales previstas sin riesgo de falla estructural.

- **Chequeo de esfuerzos laterales (superior e inferior)**

Los esfuerzos laterales se generan como consecuencia de la presión del suelo sobre las paredes del tanque, aumentando con la profundidad. Para su evaluación se considera el empuje lateral activo del suelo, el cual puede expresarse como:

$$\sigma_h = K_a \cdot \gamma \cdot h$$

donde:

- $K_a$  es el coeficiente de empuje activo,
- $\gamma$  es el peso específico del suelo,
- $h$  es la profundidad considerada.

El análisis diferencia entre:

- esfuerzo lateral superior, correspondiente a la parte alta del tanque, y
- esfuerzo lateral inferior, correspondiente a la base del sistema, donde se presentan los valores máximos.

Los resultados obtenidos, con esfuerzos laterales de 14.62 kN/m<sup>2</sup> en la parte superior y 24.81 kN/m<sup>2</sup> en la parte inferior, se encuentran dentro de los rangos admisibles del sistema Aquacell, confirmando un comportamiento estructural adecuado frente a las presiones del suelo.

- **Chequeo de necesidad de celdas extrarreforzadas**

El chequeo de celdas extrarreforzadas permite evaluar si las condiciones de carga y profundidad requieren el uso de celdas especiales con mayor capacidad resistente. Este análisis es relevante, ya que el uso de celdas extrarreforzadas implica un incremento en el número de capas estructurales y una reducción del volumen útil de almacenamiento.

Bajo las condiciones de diseño adoptadas —profundidad, tipo de suelo y cargas superficiales— se verifica que el sistema cumple los criterios estructurales sin necesidad de celdas extrarreforzadas, por lo que este chequeo resulta satisfactorio y se optimiza el volumen de almacenamiento disponible.

### **3.3.4. Tuberías de entrada, descarga y rebose del sistema Aquacell**

El sistema de tuberías del tanque de amortiguación con celdas Aquacell fue dimensionado a partir de los caudales obtenidos del hidrograma sintético de diseño y de la verificación hidráulica del sistema, garantizando un funcionamiento adecuado tanto en condiciones normales como en escenarios extremos.

- **Tubería de entrada**

La tubería de entrada al tanque Aquacell ha sido diseñada para conducir un caudal de 15.16 L/s, correspondiente al aporte máximo que ingresa al sistema de retención. Para este fin se adoptó una tubería de 315 mm de diámetro, con una pendiente del 1% y una longitud aproximada de 1 m, lo que permite una conducción eficiente del flujo. La capacidad hidráulica máxima de esta tubería es de 129.82 L/s, muy superior al caudal de entrada, lo que asegura un amplio margen de seguridad. La velocidad del flujo es del orden de 2.10 m/s, valor adecuado para evitar sedimentación y, al mismo tiempo, no generar

condiciones erosivas. Dado el caudal considerado, se requiere una sola conexión y una unidad de tubería, lo que simplifica la ejecución constructiva.

- **Tubería de rebose**

La tubería de rebose cumple la función de elemento de seguridad hidráulica del sistema, activándose únicamente cuando se presentan eventos de lluvia extremos que superan la capacidad de almacenamiento del tanque. Para este caso se adoptó una tubería de 250 mm de diámetro, con pendiente del 1% y longitud de 1 m, capaz de evacuar un caudal de 15.16 L/s. La capacidad máxima de esta tubería es de 71.43 L/s, con una velocidad aproximada de 1.81 m/s, valores que garantizan una evacuación controlada del exceso de caudal sin comprometer la integridad del sistema. Al igual que en la tubería de entrada, se requiere una sola conexión y una unidad de tubería, ya que el caudal de rebose no supera la capacidad individual del conducto.

- **Tubería de descarga**

La tubería de descarga es la encargada de regular la salida del agua almacenada en el tanque Aquacell hacia la red de drenaje pluvial, controlando el proceso de vaciado y contribuyendo a la atenuación de caudales aguas abajo. Para este sistema se adoptó una tubería de 250 mm de diámetro, con una longitud de 1 m, diseñada para evacuar un caudal de 133.52 L/s. Este caudal está asociado al vaciado controlado del tanque y al comportamiento hidráulico definido en el análisis del tiempo de vaciado. En este caso también se requiere una única conexión y una unidad de tubería, coherente con el esquema compacto del sistema.

### 3.3.5. Tiempo de vaciado

El siguiente procedimiento explica la forma de calcular el tiempo de vaciado de un tanque de tormenta Aquacell, considerando las dimensiones del tanque y el diámetro interno del orificio de salida. Se tiene la siguiente ecuación diferencial del vaciado:

$$A(h) \frac{dh}{dt} = -\alpha c \sqrt{2gh}$$

Donde:

- $A(h)$ = Área de la sección transversal del tanque
- $\alpha$ = Área del orificio de salida
- $c$ = Coeficiente de descarga
- $g$ = Aceleración de la gravedad
- $h$ = Altura de agua en el tanque
- $t$ = Tiempo
  
- **Área del tanque Aquacell**

$$A(h)_{\text{Aquacell}} = L \times W$$

Donde:

- $L$ = Largo del tanque
- $W$ = Ancho del tanque
  
- **Área del orificio de salida**

$$\alpha = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$c = 0.82$$

- **Desarrollo de la ecuación**

$$\frac{A(h)}{\alpha c \sqrt{2g}} \int \frac{dh}{\sqrt{h}} = -\int dt$$

Definiendo:

$$k = \frac{A(h)}{\alpha c \sqrt{2g}}$$

Se obtiene:

$$k \int_{h_{\max}}^0 \frac{dh}{\sqrt{h}} = -\int_0^t dt$$

- **Integración**

$$k [2\sqrt{h}]_{h_{\max}}^0 = -[t]_0^t$$

$$2k(\sqrt{h_{\max}} - 0) = t - 0$$

- **Expresión final del tiempo de vaciado**

$$t = \frac{2 A(h)}{\alpha \cdot 0.82 \cdot \sqrt{2g}} \sqrt{h_{\max}}$$

Con base en las dimensiones finales del tanque Aquacell y el diámetro del orificio de descarga, se realizó la estimación del tiempo de vaciado del tanque de tormenta, así como la evaluación del comportamiento del caudal y la velocidad de salida en función de la altura de la lámina de agua.

Este análisis permite verificar que el sistema opera de manera controlada durante el proceso de vaciado, evitando descargas abruptas y garantizando un funcionamiento hidráulico adecuado del sistema de amortiguación.

**Tabla 3.16**

*Resumen del vaciado del tanque Aquacell*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Altura total del tanque (m)	0.83	Altura máxima de almacenamiento
Área en planta del tanque (m <sup>2</sup> )	6.00 × 6.00	Dimensiones definidas en el dimensionamiento
Diámetro del orificio de descarga (mm)	250	Controla el caudal de salida
Caudal máximo de descarga (L/s)	133.52	A tanque lleno
Velocidad máxima de salida (m/s)	3.30	Dentro de rangos admisibles
Tiempo total de vaciado (h)	0.12	Aproximadamente 7 minutos

*Nota. Elaborada por autores*

El análisis del caudal y la velocidad de descarga demuestra que, a medida que desciende la altura de la lámina de agua, el caudal evacuado disminuye progresivamente, lo que confirma un vaciado gradual y controlado del sistema.

Este comportamiento es consistente con el objetivo del tanque de amortiguación, ya que permite reducir picos de descarga aguas abajo y evitar sobrecargas en la red de drenaje existente.

- **Flotación**

En esta sección se presenta la verificación de estabilidad por flotación del tanque de amortiguación Aquacell, considerando un nivel freático superficial, condición que puede generar empujes ascendentes significativos y afectar el comportamiento estructural del sistema a lo largo de su vida útil.

La evaluación se realiza con base en las dimensiones geométricas del tanque, las condiciones de instalación, y las propiedades geotécnicas del suelo, verificando que el sistema cumpla con un factor de seguridad mínimo de 1.2, valor comúnmente adoptado para estructuras enterradas sometidas a empujes hidrostáticos.

- **Dimensiones y características geométricas del tanque**

El tanque Aquacell presenta las siguientes dimensiones, definidas previamente en la etapa de dimensionamiento hidráulico:

- Largo del tanque: 6.00 m
- Ancho del tanque: 6.00 m
- Altura del tanque: 0.83 m
- Área en planta: 36.0 m<sup>2</sup>

Estas dimensiones se utilizan para el cálculo del volumen desplazado y del peso propio del sistema, considerando que cada celda Aquacell NG tiene un peso aproximado de 17 kg, incluyendo accesorios (Pavco Wavin, 2023)

- **Condiciones de instalación y nivel freático**

Para el análisis se considera:

- Cota de superficie del terreno: 0.00 m
- Cota superior del tanque Aquacell: -1.50 m
- Cota del nivel freático: -1.00 m
- Altura total de excavación: 2.325 m

Adicionalmente, se distingue la presencia de:

- Suelo seco por encima del nivel freático
- Suelo saturado por debajo del nivel freático
- Una cama de arena inferior (10–15 cm), utilizada como base de apoyo del sistema

- **Propiedades del suelo consideradas**

Las propiedades geotécnicas empleadas en el análisis son:

- Peso específico del suelo húmedo: 2250 kg/m<sup>3</sup>
- Peso específico del suelo seco: 2000 kg/m<sup>3</sup>

En caso de existir distintos estratos o materiales de recubrimiento, se adopta un valor promedio representativo, tal como se recomienda en análisis preliminares de estabilidad.

- **Cálculo de fuerzas y verificación de flotación**

El análisis compara el empuje ascendente generado por la flotación frente al empuje resistente, aportado por el peso del suelo de recubrimiento y el peso propio del sistema.

- Empuje ascendente por flotación: 1325.00
- Empuje resistente total: 3288.11

A partir de estos valores se obtiene un:

$$\text{Factor de Seguridad por Flotación (FSF)} = 2.48$$

Este valor es mayor al mínimo requerido de 1.2, por lo que el tanque cumple satisfactoriamente la condición de estabilidad frente a flotación.

- **Condición mínima de relleno**

Se determina además que el relleno mínimo requerido para evitar flotación es de 0.71 m, valor que se cumple con la configuración de instalación adoptada en el proyecto.

### **3.3.6. Integración de Aquacell en el diseño de la red convencional**

Con el fin de complementar el análisis de la red principal, se identificaron también tramos secundarios donde se evidencia una atenuación significativa de caudales, producto de la influencia directa o indirecta del sistema de retención tipo Aquacell. Estos tramos corresponden principalmente a ramales de aporte que descargan hacia la red troncal y que, bajo el escenario con integración de SUDS, presentan reducciones importantes en el caudal pico de diseño para el período de retorno de 10 años.

En la tabla 3.17 se resumen los tramos secundarios con atenuación relevante, indicando los caudales sin y con SUDS, así como el porcentaje de reducción alcanzado, lo cual permite evaluar el impacto local del sistema de retención en la regulación del escurrimiento superficial antes de su incorporación al colector principal.

**Tabla 3.17**

*Tramos secundarios con atenuación relevante*

<b>Pozos de análisis</b>	<b>Caudal sin SUDS (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal con SUDS (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Atenuación (%)</b>	<b>Comentario</b>
4_1 – 4_2	0.051	0.039	30.88	Influencia directa del tanque
4_2 – 4	0.068	0.056	21.05	Reducción parcial
15_1 – 15_2	0.035	0.023	51.70	Atenuación muy alta
15_2 – 15_3	0.101	0.080	25.93	Efecto amortiguador claro
15_3 – 15	0.136	0.116	17.59	Reducción moderada
16_1 – 16_2	0.051	0.039	30.88	Tramo sensible a SUDS
16_2 – 16	0.067	0.056	21.05	Control del caudal
17_1 – 17	0.027	0.017	59.81	Máxima atenuación registrada

*Nota. Elaborada por autores*

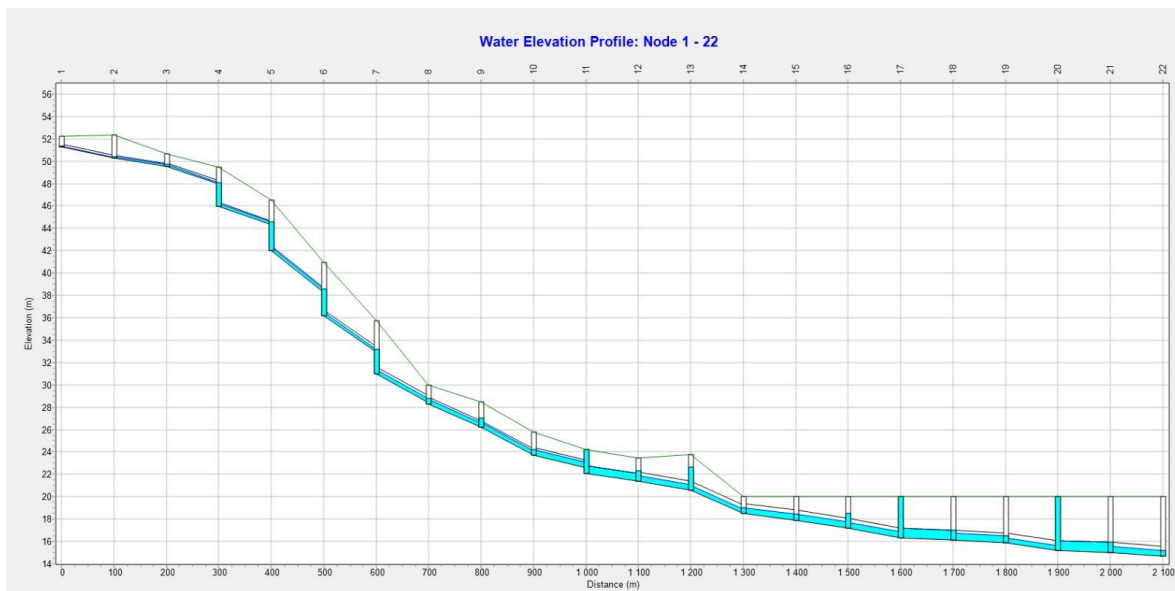
La tabla detallada presentada en anexos demuestra que en la línea principal de la red (1–22) se obtiene una reducción progresiva del caudal de diseño a partir del punto de incorporación del sistema Aquacell. En estos tramos, la atenuación varía aproximadamente entre 7 % y 10 %, lo que se traduce en una disminución sostenida del caudal que se transmite aguas abajo. Por ejemplo, en el tramo 20–21, el caudal original de 1.711 m<sup>3</sup>/s se reduce a 1.563 m<sup>3</sup>/s, mientras que en el tramo de descarga 22–E el caudal disminuye de

1.697 m<sup>3</sup>/s a 1.548 m<sup>3</sup>/s, confirmando el efecto amortiguador del tanque en el tramo final de la red.

En contraste, aquellos tramos que presentan 0 % de atenuación corresponden a sectores no directamente influenciados por el tanque Aquacell, ya sea por su ubicación aguas arriba del sistema de retención o por tratarse de ramales que descargan directamente a la red sin pasar por el volumen de almacenamiento.

### Figura 3.5.

*Red convencional + módulos de retención - período de diseño = 10 años*



Nota. Elaborada por autores

En términos generales, el perfil evidencia un comportamiento estable del sistema, ya que la lámina de agua se mantiene por debajo de la rasante a lo largo de la red. Esto confirma que, aun bajo un evento más exigente (10 años), la conducción se mantiene dentro de condiciones controladas, sin manifestar fallas globales por rebase o presurización crítica en la mayor parte de los tramos. La tendencia hidráulica es coherente con el

funcionamiento típico de una red troncal: hacia aguas abajo se acumulan aportes y el sistema opera con mayores caudales, sin embargo, el perfil no presenta ascensos que comprometan la cota de superficie del terreno.

Un aspecto clave de este escenario es el efecto de la retención: al incorporar el tanque Aquacell, se aprecia que el incremento del tirante aguas abajo se vuelve más contenido, especialmente en el último tercio de la red, donde normalmente se concentra la mayor demanda hidráulica. Este comportamiento está alineado con los resultados de caudal, en los que la atenuación se refleja como una reducción del caudal efectivo transmitido desde ciertos tramos secundarios hacia la troncal, disminuyendo la carga hidráulica acumulada en los segmentos finales. En otras palabras, el sistema no solo “conduce” más agua por tratarse de  $T_r=10$  años, sino que además recorta los picos que llegan a la parte baja de la red, mejorando la holgura operacional.

En la zona comprendida aproximadamente entre 1 300 m y 2 100 m de distancia (tramo final del perfil), donde la red presenta pendientes más suaves y por tanto es más sensible a la acumulación de caudal, la lámina de agua se observa relativamente cercana al fondo del conducto, pero sin aproximarse de forma crítica a la rasante. Este punto es importante porque, en redes con menor pendiente, pequeñas variaciones (sedimentación, obstrucciones parciales, incrementos de intensidad por encima del escenario adoptado) suelen traducirse en aumentos desproporcionados del tirante. Aquí, la presencia de la retención contribuye a que el sistema mantenga un desempeño más robusto: el perfil muestra una operación más “plana” en términos de elevación hidráulica, lo que se

interpreta como menor riesgo de sobrecarga local frente a perturbaciones razonables de operación.

Para el escenario correspondiente al período de retorno de 10 años, se realizó el cálculo detallado de los volúmenes asociados al movimiento de tierras de la red de drenaje pluvial, considerando las profundidades de excavación, anchos de zanja variables, presencia del sistema de retención Aquacell y los materiales requeridos para la correcta instalación de la infraestructura.

Los resultados muestran que los mayores volúmenes de excavación se concentran en los tramos medios y finales de la red, donde las profundidades de lomo y de excavación total superan los 5.0 m, alcanzando valores máximos cercanos a 7.0 m en los tramos finales y en ciertos ramales secundarios. Esta condición responde al incremento progresivo del caudal aguas abajo y a la necesidad de mantener pendientes hidráulicas adecuadas.

El volumen total de excavación incluye tanto la excavación del sistema convencional de tuberías como las excavaciones asociadas a la implementación del tanque de retención Aquacell (6.60 m × 7.20 m, dos niveles) en los puntos definidos del proyecto. En estos tramos se evidencia un aumento puntual del volumen excavado, el cual es compensado por la reducción de caudales transmitidos aguas abajo.

El volumen de desalojo fue estimado considerando un factor de esponjamiento, reflejando las condiciones reales de manejo del material excavado. Asimismo, se cuantificaron los volúmenes de arena para cama de apoyo, material de mejoramiento del sistema, mejoramiento específico para Aquacell y relleno final del sitio, garantizando la estabilidad estructural y funcional de la red.

En términos globales, el volumen total de excavación para el escenario  $Tr = 10$  años asciende aproximadamente a 5 987 m<sup>3</sup>, valor superior al correspondiente al escenario base ( $Tr = 5$  años), lo cual es coherente con el aumento de profundidades y exigencias hidráulicas asociadas a eventos de mayor magnitud.

**Tabla 3.18**

*Resumen de volúmenes de movimiento de tierras –  $Tr = 10$  años + módulos de retención*

<b>Concepto</b>	<b>Volumen aproximado (m<sup>3</sup>)</b>
Volumen total de excavación	<b>5 987.05</b>
Volumen de desalojo (con esponjamiento)	≈ 2 350 – 2 400
Volumen de arena (cama de apoyo)	≈ 400
Volumen de mejoramiento del sistema	≈ 1 900 – 2 000
Volumen de mejoramiento Aquacell	≈ 4.75 (por unidad)
Volumen de relleno final del sitio	≈ 3 700 – 3 800

*Nota. Elaborada por autores. Los valores detallados por tramo, incluyendo profundidades, anchos de zanja y volúmenes parciales, se presentan en el anexo correspondiente.*

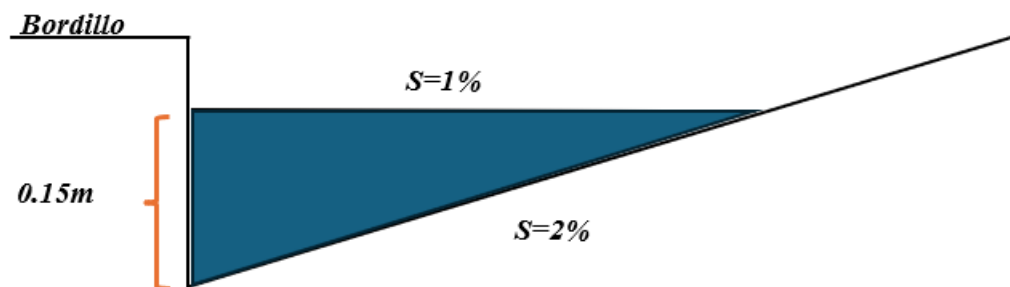
### **3.3.7. Cunetas y sumideros**

El sistema de drenaje superficial del proyecto contempla el diseño hidráulico de cunetas longitudinales con el objetivo de captar, conducir y controlar de manera eficiente los escurrimientos pluviales generados sobre la calzada, garantizando condiciones adecuadas de seguridad hidráulica y evitando la acumulación de agua sobre la superficie de rodadura.

Las cunetas fueron diseñadas considerando una profundidad máxima de lámina de agua de 0,15 m, valor que permite un adecuado margen de seguridad frente al rebose y asegura el correcto funcionamiento del sistema ante eventos de diseño. La pendiente longitudinal adoptada es del 1%, mientras que la pendiente transversal hacia el bordillo es del 2%, favoreciendo el direccionamiento del flujo hacia los elementos de captación. Para el cálculo hidráulico se empleó un coeficiente de rugosidad de Manning  $n = 0,013$ , correspondiente a superficies de concreto, y una geometría que responde a las condiciones típicas de cunetas urbanas.

**Figura 3.6.**

*Bosquejo de cunetas*



*Nota. Elaborada por autores*

A partir de estas condiciones, se determinó un caudal máximo de conducción en la cuneta de  $1,69 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor que representa el escenario más desfavorable de escurrimiento superficial y sirve como referencia para la verificación hidráulica del sistema. La sección de la cuneta y sus pendientes fueron ajustadas de manera que las velocidades y profundidades resultantes se mantengan dentro de rangos admisibles, evitando procesos de erosión, sedimentación excesiva o sobrecarga hidráulica.

**Tabla 3.19***Informacion base para el diseño de las cunetas*

<b>Cunetas</b>			
<b>Y</b>	Profundidad máxima	0,15	m
<b>S</b>	Pendiente Longitudinal	0.01	%
<b>Sx</b>	Pendiente transversal	0.02	%
<b>n</b>	Número de Manning	0.013	
<b>Z</b>	Inverso de la pendiente	50	
<b>Qmax</b>	Caudal	1.690	m <sup>3</sup> /s

*Nota. Elaborada por autores*

Para la evacuación del caudal transportado por las cunetas se dispusieron sumideros de reja normalizada, cuyo diseño se realizó mediante un método hidráulico normalizado que considera el flujo de aproximación en la cuneta, las pendientes longitudinal y transversal, y la profundidad de ingreso al sumidero. La profundidad máxima de aproximación adoptada fue de 15 cm, mientras que la profundidad efectiva de ingreso resultó de 14,34 cm, valores que garantizan una captación eficiente sin comprometer la estabilidad del flujo en la cuneta.

La capacidad hidráulica de cada sumidero se estimó en 118,63 L/s (0,1186 m<sup>3</sup>/s), lo que permitió determinar el número requerido de sumideros en función del caudal aportado por cada área de drenaje. Para cada subárea se calculó el número teórico de sumideros ( $N_{calc}$ ) como la relación entre el caudal generado y la capacidad hidráulica de un sumidero, adoptándose finalmente un número entero de sumideros ( $N_{adoptado}$ ) que asegura un funcionamiento conservador del sistema. En todos los casos analizados, el valor adoptado fue igual o superior al requerido, garantizando así la adecuada captación de los escurrimientos.

En total, el sistema contempla la instalación de 46 sumideros, distribuidos estratégicamente a lo largo del trazado, considerando las áreas aportantes, los caudales generados y la continuidad hidráulica del sistema. Esta disposición permite reducir la longitud de escurrimiento superficial, minimizar la acumulación de agua sobre la calzada y mejorar el desempeño hidráulico general del drenaje pluvial.

## **Capítulo 4**

## **4. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **4.1. Descripción del proyecto**

El presente análisis de impacto ambiental forma parte del diseño de un sistema integral de drenaje pluvial con enfoque SUDS para la urbanización Los Girasoles, ubicada en el km 28 de la Vía a la Costa, una zona caracterizada por urbanizaciones recientes, lotes de expansión y presencia de áreas naturales semi intervenidas, tal como se denota en la figura 2.1. Esta propuesta se orienta a mejorar la gestión de escorrentías, reducir riesgos de inundación y fortalecer la resiliencia hídrica de la cuenca urbana.

El estudio se alinea a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento), ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) y ODS 13 (Acción por el Clima), al proponer una gestión eficiente y resiliente de las aguas pluviales que contribuye a la adaptación frente a eventos de precipitación extrema. Para ello, se integran soluciones de infraestructura gris mejorada con soluciones basadas en la naturaleza, tales como zanjas de infiltración, pozos secos y sistemas modulares de retención subterránea (AquaCell).

El área de estudio y su entorno inmediato comprenden zonas residenciales consolidadas, calles colectoras, áreas verdes remanentes y superficies impermeables que generan un alto aporte a la escorrentía superficial. En este contexto, la realización de un estudio de impacto ambiental resulta fundamental, ya que el proyecto implica intervenciones directas sobre el medio físico y biótico en una zona en proceso de urbanización acelerada, donde la modificación del uso del suelo puede intensificar

problemas de drenaje, erosión y riesgo de inundaciones. La evaluación ambiental permite identificar, prevenir y mitigar las posibles alteraciones al suelo, al agua, al aire, a la flora, a la fauna y al entorno humano, asociadas a las fases de desbroce, excavación, instalación de redes de drenaje convencional y sistemas modulares de retención subterránea.

## **4.2. Línea base ambiental**

El área de estudio corresponde a un predio de aproximadamente 25,06 hectáreas situado en el kilómetro 28 de la vía a la Costa, en el sector suroeste del cantón Guayaquil.

### **4.2.1. Medio físico**

#### **4.2.1.a. Suelo**

De acuerdo con el estudio realizado el terreno mantiene su morfología original y presenta pendientes suaves a moderadas que orientan la escorrentía hacia microdepressiones internas.

La geomorfología del terreno corresponde a una llanura aluvial, característica que explica la presencia de suelos con textura franco-arenosa y microrelieves donde se concentra el flujo superficial. Estos rasgos influyen de manera directa en la dinámica hídrica del sitio, ya que permiten procesos de infiltración relativamente altos en condiciones naturales, aunque con susceptibilidad a la acumulación de agua en zonas bajas durante episodios pluviométricos intensos. Según el geovisor del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2024), la parte alta de la cuenca donde se encuentra el predio muestra baja susceptibilidad a inundaciones, mientras que la zona media y baja se clasifica con susceptibilidad media. Esta variabilidad responde tanto a la topografía como a la presencia

de depresiones internas, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas de manejo pluvial adecuadas ante el proceso de urbanización previsto.

#### **4.2.1.b. Clima**

Las condiciones climáticas corresponden a un ombrotipo seco superior según el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques del Ministerio de Ambiente y Energía (2013). Este régimen, característico del litoral ecuatoriano, se vincula con una marcada estacionalidad en la precipitación, concentrada entre enero y mayo.

Los eventos de lluvia suelen presentar intensidades elevadas y duraciones cortas, lo que genera respuestas hidrológicas rápidas y favorece la formación de caudales superficiales significativos. De manera complementaria, el termotipo infratropical superior indica la presencia de temperaturas altas durante gran parte del año, lo que incrementa las tasas de evaporación y contribuye a la desecación del suelo durante la estación seca.

(Ministerio del Ambiente y Energía, 2013)

#### **4.2.1.c. Flora**

En el ámbito ambiental, la biocapacidad per cápita registrada para el sector en 2023 se ubica en el rango de 0,35 a 0,41, lo que refleja una disponibilidad limitada de servicios ecosistémicos en relación con la presión antrópica creciente. La cobertura vegetal interna consiste en matorral seco, herbazales y remanentes de vegetación secundaria propios del bosque seco tropical, ecosistema que ha sido históricamente fragmentado en la vía a la Costa. (Ministerio del Ambiente y Energía, 2024).

#### **4.2.1.d. Fauna**

La fauna asociada incluye aves, insectos y pequeños reptiles adaptados a ambientes periurbanos, sin registros de especies de valor de conservación especial. En el entorno cercano, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2025) identifica una plantación de *Tectona grandis* (teca) ubicada aproximadamente a 505,76 metros del área de estudio, lo que evidencia prácticas forestales productivas en la zona, aunque sin interacción directa con el predio.

#### **4.2.1.e. Calidad del aire**

En relación con la calidad del aire, el sector no presenta fuentes industriales de contaminación, por lo que sus variaciones se asocian principalmente al tránsito vehicular del corredor vial y a la suspensión de partículas debido a la presencia de suelos expuestos en temporada seca. En cuanto a la calidad del suelo, la zona se clasifica como de baja afectación por actividades mineras, según las capas ambientales del MAATE, lo que descarta presiones de origen extractivo. Sin embargo, el predio se localiza próximo a un área prioritaria para restauración ecológica catalogada con prioridad alta, lo que subraya la importancia de proteger los remanentes de bosque seco y de promover prácticas que contribuyan a la recuperación ecológica del territorio circundante.

### **4.2.2. Medio socioeconómico**

#### **4.2.2.a. Desarrollo del sector**

Según el estudio realizado e inspección visual se denota que la zona norte se caracteriza por una franja continua de vegetación arbórea, mientras que el sector sur muestra áreas semidespejadas asociadas al avance urbano del corredor vial. Se visualizan edificaciones

aisladas al este que funcionan como puntos de referencia territorial. Esta combinación de elementos evidencia un espacio en transición entre áreas naturales remanentes y zonas sometidas a creciente presión urbanística.

### 4.3. Actividades del proyecto

En esta sección se presentan las actividades previstas para el desarrollo del proyecto de diseño con enfoque SUDS para la urbanización Los Girasoles. Las actividades se organizan según las distintas fases del proyecto y permiten identificar aquellas acciones que pueden generar impactos ambientales sobre el medio físico, biótico y humano, lo cual sirve de base para su análisis y consideración dentro del estudio de impacto ambiental.

**Tabla 4.1.**

*Actividades del proyecto*

<b>Fase</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
<b>Preparación del terreno</b>	<b>Limpieza y desbroce del área</b>	Retiro de vegetación baja, residuos y materiales que obstaculizan el trazado de la red de drenaje y las zonas donde se excavará para tuberías, pozos y cámaras de retención.
	<b>Movimiento de tierras inicial</b>	Excavación y remoción de suelo para conformar zanjas destinadas a la instalación de tuberías, sumideros y pozos de revisión; incluye nivelación y retiro del material excedente.
	<b>Delimitación del área de intervención</b>	Marcación del eje de tuberías, perímetros de excavación, zonas de seguridad y rutas de circulación interna para maquinaria y personal.
	<b>Adecuación de accesos temporales</b>	Habilitación de vías internas que permitan el ingreso de maquinaria para excavación, transporte de tubería, hormigón, agregados y módulos de retención
<b>Construcción</b>	<b>Excavación y conformación de</b>	Apertura de zanjas según el diseño hidráulico de la red convencional; incluye profundidad, pendiente y verificación de cota de instalación.

	<b>zanjas para tuberías</b>	
	<b>Instalación de tuberías pluviales</b>	Colocación de tuberías PVC u otro material especificado, alineación, unión de secciones y pruebas preliminares de ajuste hidráulico.
	<b>Construcción de pozos de revisión, cámaras y sumideros</b>	Fabricación y colocación de pozos de hormigón prefabricado o vaciado en sitio, instalación de tapas, rejillas, bordillos y otros elementos de captación superficial.
	<b>Construcción de rejillas longitudinales y sumideros superficiales</b>	Instalación de canales y rejillas para captar la escorrentía en superficie; incluye excavación puntual, asentamiento del canal y colocación de tapa rejilla.
	<b>Excavación del área destinada al sistema de retención</b>	Apertura de una excavación independiente para alojar el volumen de retención. Esta área funciona como elemento complementario que atenúa caudales pico durante eventos intensos.
	<b>Preparación del lecho e instalación de geotextiles</b>	Colocación de material filtrante y geotextiles para favorecer la infiltración y evitar la migración de finos hacia las cámaras de retención.
	<b>Instalación de módulos de retención</b>	Ensamble, colocación y verificación estructural de los módulos plásticos; conforman el volumen útil del sistema de retención temporal.
	<b>Conexión del sistema sostenible a la red convencional</b>	Instalación de tuberías de entrada, salida, reboses y cámaras de inspección que permiten integrar el sistema de retención al drenaje pluvial de manera controlada.
	<b>Relleno, compactación y restitución superficial</b>	Colocación de capas de material granular, compactación y recuperación de la superficie con suelo, áreas verdes o pavimento según el diseño establecida
	<b>Manejo de materiales y residuos de obra</b>	Acopio controlado de materiales, traslado de excedentes y disposición final de residuos de acuerdo con la normativa vigente.
<b>Operación y mantenimiento</b>	<b>Inspección y limpieza de la red convencional</b>	Revisión de sumideros, rejillas, tuberías y pozos de revisión para retirar sedimentos y asegurar la continuidad hidráulica.

	<b>Mantenimiento del sistema de retención</b>	Inspección del funcionamiento del volumen de retención, revisión de cámaras, control de colmatación y limpieza periódica de conexiones.
	<b>Control de sedimentación e infiltración</b>	Monitoreo de la acumulación de sedimentos en la red y verificación de la capacidad de infiltración en la zona donde se ubica el sistema de retención.
	<b>Mantenimiento superficial</b>	Reposición de áreas verdes, reparación de bordillos, rejillas o pavimentos superficiales afectados.
	<b>Retiro de elementos temporales</b>	Desmontaje de señalización, cercas y accesos provisionales utilizados durante la construcción.
<b>Abandono o desmantelamiento</b>	<b>Gestión de residuos generados</b>	Clasificación y transporte de residuos hacia sitios de disposición autorizados, incluyendo tuberías o elementos que pudieran retirarse.
	<b>Restauración del área</b>	Revegetación, restitución de superficies y nivelación final para reestablecer el área intervenida o integrarla al entorno según se requiera.

#### 4.4. Identificación de impactos ambientales

En esta sección se identifican los impactos ambientales asociados a las actividades previstas en el proyecto de diseño e implementación del sistema de drenaje pluvial con apoyo de soluciones sostenibles. Los impactos se analizan a partir de cada actividad desarrollada en las fases de preparación del terreno, construcción, operación y cierre, describiendo los efectos generados sobre los componentes aire, suelo, agua, flora, fauna, medio socioeconómico, salud y seguridad humana, así como la percepción visual del entorno.

##### 4.4.1.a. Limpieza y desbroce del área

La actividad de limpieza y desbroce del área genera impactos directos sobre varios componentes ambientales. En el aire, la remoción de vegetación y suelo expuesto produce emisiones temporales de polvo y material particulado, reduciendo la calidad del aire en el

entorno inmediato. En el suelo, la eliminación de la cobertura vegetal incrementa la susceptibilidad a procesos de erosión y pérdida de estabilidad superficial, especialmente durante eventos de lluvia. En cuanto a la flora y fauna, esta actividad provoca la pérdida temporal de vegetación baja y matorral, así como la alteración de microhábitats, generando el desplazamiento de fauna local. Desde el punto de vista visual, el área presenta una alteración estética temporal asociada a la eliminación de cobertura natural.

#### **4.4.2. Movimientos de tierras y excavaciones iniciales**

El movimiento de tierras y las excavaciones necesarias para la conformación de zanjas, pozos y áreas de intervención generan impactos relevantes durante la fase constructiva. En el aire, estas actividades intensifican la emisión de polvo, ruido y gases producto de la combustión de maquinaria pesada, lo que puede generar molestias a trabajadores y residentes cercanos. En el suelo, las excavaciones alteran su estructura natural, incrementando el riesgo de erosión, pérdida de estabilidad y arrastre de sedimentos. En el componente agua, existe el riesgo de que sedimentos sean transportados hacia drenajes existentes o depresiones naturales durante lluvias intensas. Asimismo, estas actividades representan riesgos para la salud y seguridad humana, asociados a excavaciones profundas, tránsito de maquinaria y manipulación de materiales.

#### **4.4.3. Excavación e instalación de tuberías, pozos de revisión y sumideros**

La excavación e instalación de tuberías, pozos de revisión y sumideros generan impactos combinados sobre el entorno. En el suelo, estas actividades profundizan la alteración física del terreno y pueden afectar su estabilidad si no se controlan

adecuadamente las excavaciones. En el componente agua, existe riesgo de contaminación puntual del agua subterránea debido a posibles derrames accidentales de combustibles, aceites o lubricantes durante la construcción. En el aire, continúan las emisiones de ruido y gases por maquinaria. Desde el punto de vista socioeconómico, pueden generarse molestias temporales por restricciones de acceso y tránsito, aunque estas son de carácter reversible.

#### **4.4.4. Excavación e instalación del sistema de retención modular**

La excavación del área destinada al sistema genera impactos similares a los de otras excavaciones durante la fase constructiva, afectando al aire por emisión de polvo y ruido, y al suelo por la remoción de material y alteración de su estructura. Sin embargo, una vez instalado y en operación, este sistema genera impactos ambientales positivos significativos. En el componente agua, las celdas de retención permiten la atenuación de caudales pico y mejora la infiltración controlada, reduciendo el riesgo de inundaciones y disminuyendo la presión sobre la red convencional. En el suelo, contribuye a la restitución del equilibrio hídrico y a la reducción de procesos erosivos. Estos efectos positivos se mantienen durante la etapa operativa del proyecto.

#### **4.4.5. Relleno, compactación y restitución superficial**

Las actividades de relleno, compactación y restitución superficial generan impactos positivos relevantes. En el suelo, estas acciones permiten recuperar la estabilidad del terreno y reducir la exposición a procesos erosivos. En el componente visual, la restitución de la superficie con áreas verdes y pavimentos mejora notablemente la estética del entorno. Asimismo, estas actividades contribuyen a la restitución de la flora, mediante la

incorporación de vegetación ornamental compatible con el clima local, lo que favorece la recuperación progresiva del área intervenida.

#### **4.4.6. Operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial**

Durante la fase de operación y mantenimiento, los impactos negativos son mínimos y localizados. Las actividades de inspección y limpieza pueden generar molestias puntuales, pero de baja magnitud. En contraste, los impactos positivos son predominantes: en el componente agua, el sistema reduce inundaciones y mejora la gestión de escorrentías; en el medio socioeconómico, protege viviendas e infraestructura vial, mejora la seguridad del sector y reduce costos asociados a daños por eventos extremos. En términos de salud pública, la eliminación de agua estancada disminuye la proliferación de vectores, mejorando las condiciones sanitarias del entorno.

#### **4.4.7. Cierre, retiro de elementos temporales y restauración del área**

Las actividades de cierre y restauración del área generan impactos positivos finales sobre el entorno. La eliminación de accesos temporales y residuos reduce riesgos para la seguridad humana, mientras que la revegetación y nivelación final permiten integrar nuevamente el área intervenida al entorno urbano. En el componente visual y perceptual, estas acciones consolidan una mejora permanente en la imagen urbana, reforzando la percepción de orden, funcionalidad y sostenibilidad del proyecto.

### **4.5. Valoración de impactos ambientales**

Para la evaluación de los impactos ambientales derivados del proyecto, se empleó la metodología de la matriz de Leopold, la cual permite identificar, organizar y

valorar las posibles afectaciones generadas sobre el entorno. Este enfoque consiste en establecer una relación sistemática entre los componentes ambientales susceptibles de alteración y las actividades específicas ejecutadas durante las distintas fases del proyecto, desde la preparación del terreno hasta la operación y el eventual cierre de las obras.

En el contexto del presente estudio, las filas de la matriz representan los factores ambientales agrupados por medio físico, biótico, humano–socioeconómico y perceptual–territorial; mientras que las columnas corresponden a las actividades clave involucradas en la construcción del sistema de drenaje convencional y la incorporación de módulos de retención para el almacenamiento y gestión de aguas pluviales. Esta última actividad sigue el proceso constructivo estandarizado que contempla excavación, instalación de geotextil, ensamblaje manual y relleno compactado (Wavin, 2025).

La cuantificación de las interacciones se sustentó en el modelo de valoración propuesto por Tito (2020), el cual discrimina el impacto en función de dos parámetros: magnitud e importancia. La magnitud expresa el grado de afectación generado por la actividad, ya sea negativo o positivo, y se asigna en una escala de 1 a 10 según la intensidad del cambio que puede producirse sobre el medio. El signo negativo indica una afectación adversa, mientras que el signo positivo corresponde a un efecto beneficioso. Por su parte, la importancia refleja la relevancia del componente ambiental dentro del contexto del proyecto y se determina considerando su sensibilidad, función ecosistémica y potencial incidencia sobre la población o sobre el funcionamiento hidráulico de la urbanización.

**Tabla 4.2.**  
*Matriz de Leopold*

Factores ambientales		Preparación del terreno		Construcción				Operación		Cierre / abandono	Afectaciones		Total de afectaciones	Agregado del Impacto
		Limpieza y desbroce del área	Movimientos de tierra	Excavación de zanjas e instalación de tuberías	Construcción de pozos y sumideros	Excavación e instalación de Aquacell	Relleno, compactación y restitución superficial	Operación del sistema pluvial	Mantenimiento periódico del sistema	Cierre / abandono de obra y gestión de residuos	+	-		
Medio físico	Agua (calidad y drenaje)	-1 3	-2 3	-2 3	-1 3	3 3	2 3	3 3	2 3	2 3	5	4	9	18
	Aire (ruido, polvo, gases)	-2 2	-3 2	-2 2	-2 2	-1 2	-1 2	0 2	-1 2	0 2	0	7	9	-24
	Suelo (estructura, erosión)	-2 3	-3 3	-2 3	-2 3	-1 3	2 3	1 3	0 3	2 3	3	5	9	-15
Medio biótico	Flora (cobertura vegetal)	-3 2	-2 2	-2 2	-1 2	1 2	3 2	2 2	1 2	3 2	5	4	9	4
	Fauna (pequeña fauna local)	-2 2	-2 2	-1 2	-1 2	1 2	2 2	2 2	1 2	2 2	5	4	9	4
Medio humano / socioeconómico	Socioeconomico	0 3	-1 3	-1 3	-1 3	2 3	2 3	3 3	2 3	1 3	5	3	9	21
	Salud y seguridad humana	-1 3	-2 3	-2 3	-1 3	1 3	2 3	3 3	2 3	1 3	5	4	9	9
Medio perceptual / territorial	Paisaje / percepción visual	-2 2	-2 2	-2 2	-1 2	1 2	3 2	2 2	1 2	3 2	5	4	9	6
Afectaciones	+	0	0	0	0	6	7	7	6	7	33	35	72	23
	-	7	8	8	8	2	1	0	1	0	35			
Total de afectaciones		8	8	8	8	8	8	8	8	8	72			
Agregado del impacto		-30	-42	-35	-25	19	38	42	22	34	23			

Para la valoración cualitativa de los impactos ambientales identificados en la matriz de Leopold, se empleó el método propuesto por Tito (2020), el cual permite cuantificar la importancia de cada impacto mediante criterios ponderados. Este procedimiento requiere, en primer lugar, del valor de magnitud total obtenido en la matriz de Leopold, resultado de la interacción entre las actividades del proyecto y los factores ambientales susceptibles de afectación. Posteriormente, estos valores se integran con los criterios de extensión, duración y reversibilidad para obtener un índice numérico que representa la relevancia de cada impacto dentro del contexto del proyecto.

$$Imp = (W_E \times E) + (W_D \times D) + (W_R \times R)$$

$$IA = \pm \sqrt{(Imp \times |Magnitud|)}$$

donde E, D y R corresponden a los valores asignados a los criterios de extensión, duración y reversibilidad respectivamente; mientras que  $W_E$ ,  $W_D$  y  $W_R$  representan los pesos de cada criterio, los cuales en conjunto suman la unidad y permiten ajustar el modelo según la naturaleza del proyecto.

Los criterios empleados fueron valorados conforme a la escala cualitativa presentada por Tito (2020), la cual asigna puntuaciones de 1 a 10 a cada característica según el grado de influencia del impacto. La tabla 4.3 muestra los rangos de valoración para los criterios de extensión (de puntual a regional), duración (de esporádica a permanente) y reversibilidad (de completamente reversible a completamente irreversible), así como los niveles de incidencia asociados a la magnitud del impacto.

**Tabla 4.3.**

*Distribución de puntajes para la valoración cualitativa de impactos ambientales.*

Característica	Puntaje				
	1	2.5	5	7.5	10
Extensión	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversible	Completamente irreversible
Magnitud (incidencia sobre factor ambiental)	Poca incidencia		Mediana incidencia	Alta incidencia	

*Nota.* Clasificación de impactos ambientales según la metodología propuesta por Tito (2020).

**Tabla 4.4.**

*Métricas de evaluación de impactos ambientales*

Característica	Peso
Extensión	0.45
Duración	0.30
Reversibilidad	0.25

Se realiza el procedimiento con los datos obtenidos:

$$Imp = (W_E \times E) + (W_D \times D) + (W_R \times R)$$

$$Imp = (0.45 \times 7.5) + (0.30 \times 7.5) + (0.25 \times 5) = 6.88$$

$$IA = \pm \sqrt{(Imp \times |Magnitud|)}$$

$$IA = \pm \sqrt{(6.88 \times |2.88|)} = 4.45$$

Con el valor obtenido para el índice de Impacto Ambiental (IA), se procede a su clasificación cualitativa según los rangos establecidos por Tito (2020), presentados en la tabla 4.5. De acuerdo con esta escala, los impactos se categorizan en función de la magnitud de su repercusión ambiental, abarcando desde efectos benéficos hasta impactos altamente significativos. En el caso analizado, el valor calculado de IA permite determinar si el impacto generado por la actividad evaluada se ubica dentro de un nivel despreciable, significativo o altamente significativo, lo que facilita interpretar la gravedad del efecto y su relevancia dentro del análisis ambiental del proyecto. Esta clasificación es esencial para priorizar medidas de mitigación y orientar la toma de decisiones en la gestión ambiental de la intervención.

**Tabla 4.5.**

*Distribución de calificaciones del impacto ambiental.*

<b>Calificación del Impacto Ambiental</b>	<b>Valor del índice de impacto ambiental (IA)</b>
Altamente significativo	$ IA  \geq 6.5$
Significativo	$6.5 >  IA  \geq 4.5$
Despreciable	$ IA  < 4.5$
Benéfico	$IA > 0$

*Nota.* Clasificación de impactos ambientales según la metodología propuesta por Tito (2020)

#### **4.5.1. Análisis de resultados de la valoración ambiental**

La aplicación de la matriz de Leopold permitió identificar un total de 72 interacciones causa-efecto, evidenciando un predominio numérico de impactos negativos (35 registros) frente a los positivos (33 registros). Esta asimetría inicial responde a la naturaleza de la fase constructiva, donde se concentran actividades generadoras de alteraciones físicas momentáneas; sin embargo, esta lectura cuantitativa se matiza al aplicar el algoritmo de valoración propuesto por Tito (2020). Al integrar los pesos ponderados de extensión, duración y reversibilidad, se obtuvo un Índice de Impacto Ambiental (IA) de 4.45. Este valor, al situarse por debajo del umbral de 4.5, categoriza la afectación global del proyecto como Impacto Despreciable, lo que demuestra matemáticamente que la alta reversibilidad y la temporalidad de las obras atenúan drásticamente la significancia de las alteraciones sobre el medio físico.

En consecuencia, la viabilidad ambiental del proyecto se sustenta en el contraste entre la transitoriedad de los impactos constructivos y la permanencia de los beneficios operativos. Mientras que las afectaciones negativas al suelo y aire se confirman como costos ambientales temporales y controlables, la entrada en operación del sistema de drenaje sostenible genera impactos positivos de carácter estructural y permanente. Por tanto, la intervención se valida técnicamente, ya que los beneficios a largo plazo en la gestión hídrica y la seguridad de la urbanización superan, en jerarquía y valor estratégico, a las perturbaciones limitadas de la etapa de instalación.

#### **4.6. Propuestas de medidas de prevención/mitigación**

Los resultados obtenidos a partir de la matriz de Leopold permiten identificar que los impactos ambientales más relevantes del proyecto se concentran principalmente durante la fase de preparación del terreno y construcción, mientras que en la etapa de operación predominan impactos de carácter positivo. Las actividades de limpieza, desbroce y movimientos de tierra

generan afectaciones negativas temporales sobre el suelo y la cobertura vegetal, debido a la remoción de la capa superficial y la alteración de su estructura natural, lo que incrementa la susceptibilidad a procesos de erosión y pérdida de estabilidad, especialmente durante eventos de precipitación intensa. De manera asociada, el uso de maquinaria pesada durante estas etapas produce emisiones de polvo, material particulado, ruido y gases de combustión, afectando de forma localizada y transitoria la calidad del aire y la percepción ambiental del entorno inmediato.

Durante la fase constructiva, las excavaciones para la instalación de zanjas, pozos de revisión, sumideros y elementos del sistema de retención generan impactos adicionales sobre el componente hídrico, principalmente por el riesgo de arrastre de sedimentos hacia drenajes existentes y la posible alteración de la calidad del agua superficial en condiciones de lluvia. Asimismo, estas actividades representan riesgos para la seguridad de los trabajadores y de la población cercana, debido a la presencia de excavaciones abiertas, tránsito de maquinaria y manipulación de materiales, impactos que, si bien son significativos, se caracterizan por su carácter local, temporal y parcialmente reversible.

En contraste, la fase operativa del proyecto evidencia impactos positivos relevantes, asociados principalmente a la implementación de SUDS. La incorporación de sistemas de retención subterránea, junto con la red convencional, permite la atenuación de caudales pico, la regulación del escurrimiento superficial y la infiltración controlada, reduciendo de manera significativa el riesgo de inundaciones y mejorando el desempeño hidráulico del sector. Estos efectos positivos se reflejan en la protección de la infraestructura urbana, la disminución de daños materiales recurrentes y el fortalecimiento de la resiliencia hídrica del área de estudio.

Adicionalmente, el correcto funcionamiento y mantenimiento del sistema contribuye a mejorar las condiciones de salubridad y seguridad del entorno urbano, al evitar acumulaciones de

agua estancada, reducir la proliferación de vectores y mejorar la percepción de orden y funcionalidad del espacio público. Finalmente, las actividades de cierre y restauración del área permiten mitigar impactos residuales sobre el paisaje y el suelo, favoreciendo la recuperación del entorno intervenido. En conjunto, los resultados de la matriz evidencian que, aunque el proyecto presenta impactos negativos temporales durante la etapa constructiva, los beneficios ambientales y sociales generados durante su operación superan dichas afectaciones, justificando su implementación desde un enfoque de sostenibilidad urbana.

#### **4.6.1. Medidas de prevención**

##### **4.6.1.a. Delimitación y control del área de intervención**

- Colocación de cerramientos, cintas de seguridad y señalización visible.
- Restringir el ingreso a personal autorizado.
- Evitar afectaciones no previstas en áreas adyacentes y vegetación cercana.

##### **4.6.1.b. Planificación de obra**

- Programación de actividades ruidosas en horarios permitidos.
- Establecimiento de rutas internas de circulación de maquinaria para evitar compactación innecesaria de suelo.
- Capacitación obligatoria al personal sobre manejo ambiental y seguridad.

##### **4.6.1.c. Prevención de arrastre de sedimentos**

- Instalación de barreras de retención (geotextiles, cercas de sedimento, sacos de arena) en puntos donde el agua pueda transportar material suelto.
- Protección inmediata de excavaciones profundas.

#### **4.6.2. Medidas de mitigación**

##### **4.6.2.a. Control de emisiones de polvo y material particulado**

- Humectación periódica de superficies expuestas.
- Cobertura temporal de acopios de material.
- Limpieza continua de zonas de tránsito.

#### **2.1..1. Manejo ambiental de suelos y excavaciones**

- Remoción selectiva de suelo fértil para su posterior reincorporación.
- Disposición controlada del material excedente en sitios autorizados.
- Estabilización temporal de taludes mediante compactación y pendientes adecuadas.

#### **4.6.2.b. Minimización del impacto en flora y fauna**

- Retiro manual de vegetación secundaria para evitar arrastre innecesario.
- Rescate y reubicación de fauna menor hallada durante excavaciones.
- Reducción de ruido mediante mantenimiento preventivo de maquinaria.

#### **4.6.2.c. Gestión responsable de residuos de construcción**

- Separación de residuos inertes, reutilizables y peligrosos.
- Diseño de zonas de almacenamiento temporal impermeabilizadas y techadas.
- Entrega a gestores ambientales autorizados.

### **4.6.3. Medidas de corrección**

#### **4.6.3.a. Restitución superficial tras instalación de tuberías y Aquacell**

- Relleno y compactación por capas para evitar hundimientos.
- Nivelación del terreno conforme al diseño original o al uso futuro.
- Eliminación de escombros y material sobrante.

#### **4.6.3.b. Restauración paisajística**

- Revegetación con especies nativas resistentes a condiciones locales.
- Recuperación de microhábitats afectados tras el escarificado y movimiento de tierra.

### **4.6.4. Medidas de compensación**

#### **4.6.4.a. Educación ambiental a residentes**

- Socialización del funcionamiento del sistema pluvial.
- Promoción de prácticas para evitar contaminación de sumideros (no verter aceites, basura, sedimentos).

### **4.6.5. Medidas específicas para la fase de operación**

#### **4.6.5.a. Mantenimiento preventivo del sistema de drenaje**

- Limpieza de sumideros, rejillas y cámaras cada 2–3 meses.

- Retiro de sedimentos acumulados previo a la temporada lluviosa.
- Inspección visual de pozos y tuberías para detectar obstrucciones.

#### **4.6.5.b. Mantenimiento de módulos Aquacell**

- Evaluación anual de capacidad de infiltración.
- Monitoreo de acumulación de sedimentos en pozos de inspección.
- Verificación de estabilidad estructural del sistema de almacenamiento.

### **4.7. Resultados de medidas**

Las medidas de prevención y mitigación propuestas permiten reducir de forma significativa los impactos identificados en la matriz de Leopold y en los valores del Índice de Impacto Ambiental. Su aplicación evidencia que la mayoría de los impactos negativos pueden ser controlados hasta niveles bajos o moderados, especialmente aquellos asociados al suelo, al aire y al medio biótico, que inicialmente presentaban mayores valores de afectación.

En el medio físico, la implementación de controles de erosión, la humectación de superficies y una adecuada gestión de materiales y residuos contribuyen a disminuir la magnitud de los impactos sobre el suelo y la calidad del aire. Estas acciones permiten reducir la incidencia de procesos erosivos, la generación de material particulado y las molestias asociadas a la fase constructiva.

Respecto al medio biótico, la delimitación de áreas de intervención y la restauración superficial posterior a la obra favorecen la recuperación progresiva de la cobertura vegetal y la estabilidad de los microhábitats, manteniendo los impactos sobre flora y fauna dentro de rangos de baja relevancia ambiental.

En el ámbito humano y socioeconómico, las medidas orientadas a la seguridad ocupacional y al ordenamiento de las actividades constructivas reducen los riesgos para trabajadores y usuarios del sector. Durante la fase de operación, el mantenimiento adecuado

del sistema pluvial genera efectos positivos al disminuir la probabilidad de inundaciones y mejorar las condiciones de movilidad y bienestar de la población.

Finalmente, la incorporación de módulos estructurales de retención subterránea para aguas pluviales como complemento al sistema de drenaje convencional permite atenuar caudales pico y optimizar la gestión de escorrentías, aportando beneficios ambientales y sociales sostenidos en el largo plazo.

## Capítulo 5

## **5. PRESUPUESTO**

### **5.1. Estructura desglosada de trabajo**

A continuación, se presenta la estructura desglosada de trabajo del proyecto, la cual organiza de manera sistemática los entregables necesarios para el diseño y evaluación del sistema de drenaje pluvial. La EDT se plantea como una herramienta de planificación que permite descomponer el proyecto en componentes y actividades jerárquicamente relacionadas, facilitando la estimación de costos, la asignación de recursos y el control del presupuesto.

La estructura propuesta se inicia con una fase de análisis y diagnóstico, en la que se consideran los estudios preliminares y la evaluación del sistema existente, incluyendo el análisis hidrológico, hidráulico y estructural de la problemática actual. Esta etapa constituye la base técnica sobre la cual se desarrollan las propuestas de intervención.

Posteriormente, se desarrolla la fase de diseño del sistema de drenaje, que contempla el dimensionamiento de la red convencional, la verificación hidráulica para diferentes períodos de retorno y la incorporación de soluciones complementarias orientadas a la gestión sostenible de las aguas lluvias, como los sistemas de retención y atenuación de caudales. En esta etapa se integran los criterios técnicos definidos en los capítulos anteriores y se establecen los parámetros de diseño finales.

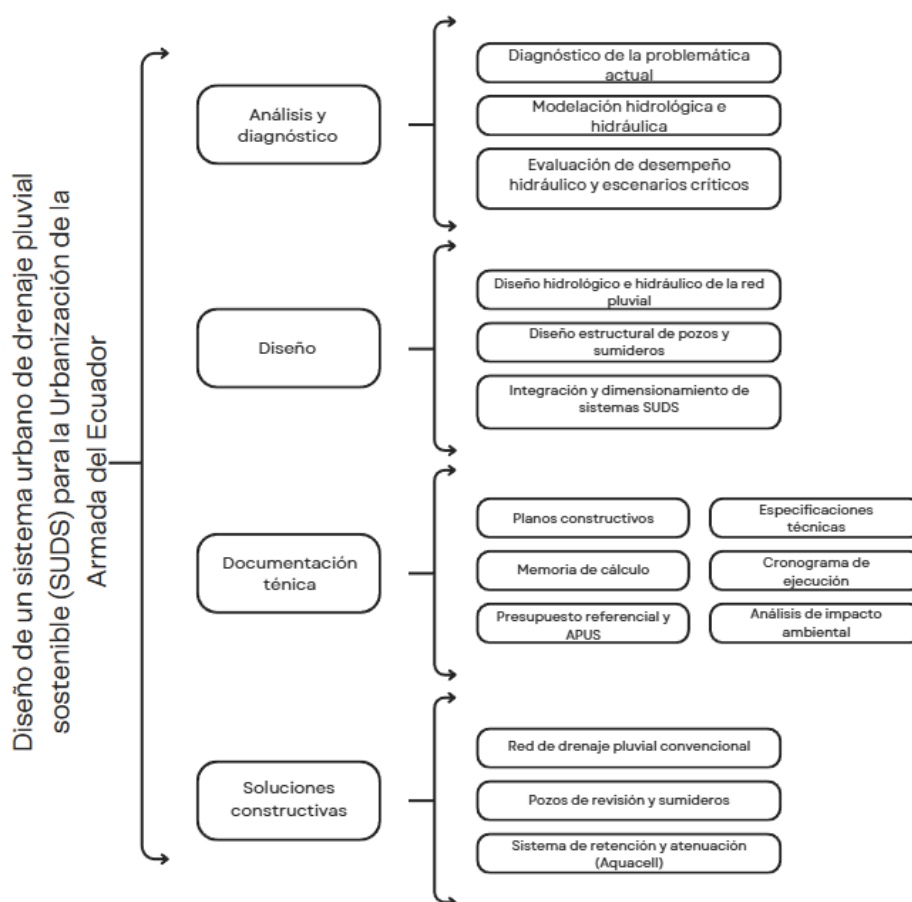
Una tercera fase corresponde a la documentación técnica, en la cual se incluyen la elaboración de planos, memorias de cálculo, especificaciones técnicas, cronograma de ejecución y análisis de precios unitarios. Estos elementos permiten consolidar el diseño propuesto y constituyen el soporte técnico necesario para la ejecución del proyecto.

Finalmente, la EDT considera una fase asociada a la estimación de costos y presupuesto, donde se cuantifican los volúmenes de obra, se valoran los rubros

correspondientes y se estructura el presupuesto general del proyecto, detallando así todas las soluciones constructivas aplicadas dentro del proyecto. Esta etapa asegura la coherencia entre el diseño técnico y su viabilidad económica, permitiendo evaluar la factibilidad de la solución propuesta.

**Figura 5.1.**

*Estructura de desglose de trabajo (EDT)*



Nota. Elaborada por autores

## **5.2. Especificaciones técnicas**

Las especificaciones técnicas del proyecto establecen los criterios, procedimientos, materiales, equipos y métodos constructivos que deben cumplirse para la correcta ejecución del sistema de drenaje pluvial y de las soluciones sostenibles propuestas. Estas especificaciones constituyen el marco técnico que garantiza que las obras se ejecuten conforme a los diseños, normas vigentes y buenas prácticas de ingeniería.

En el presente proyecto, las especificaciones técnicas han sido elaboradas para cada grupo de actividades, abarcando obras preliminares, movimiento de tierras, construcción de la red de drenaje pluvial, estructuras complementarias y la implementación del sistema de retención y atenuación con celdas Aquacell. Cada especificación define, entre otros aspectos, la descripción del rubro, el equipo mínimo requerido, los materiales a emplearse, el procedimiento constructivo, así como los criterios de medición y forma de pago.

El detalle completo de las especificaciones técnicas por rubro se presenta en el Anexo B, donde se incluyen de manera individual y estructurada todas las especificaciones correspondientes a los trabajos considerados en el presupuesto del proyecto.

## **5.3. Rubros y análisis de precios unitarios**

Los rubros que conforman el presupuesto del proyecto han sido organizados en grupos principales, de acuerdo con la naturaleza de las actividades constructivas y los componentes del sistema de drenaje pluvial propuesto. Esta agrupación permite una mejor comprensión del alcance de la obra, así como una adecuada estimación de costos y planificación de la ejecución.

El detalle individual de cada rubro, junto con su respectivo Análisis de Precios Unitarios (APU), se presenta de manera completa en el Anexo C, donde se especifican

rendimientos, equipos, mano de obra y materiales considerados. Los grupos considerados fueron los siguientes:

### **5.3.1. Obras preliminares**

Este grupo comprende las actividades iniciales necesarias para la correcta implantación del proyecto en campo. Incluye principalmente el replanteo y nivelación, mediante el cual se materializan en el terreno las alineaciones, cotas y pendientes definidas en los planos del sistema de drenaje pluvial. Estas actividades constituyen la base para garantizar la correcta ejecución de los trabajos posteriores.

### **5.3.2. Movimiento de tierras**

Los rubros de movimiento de tierras incluyen todas las operaciones relacionadas con la excavación, desalojo, relleno y compactación de zanjas requeridas para la instalación de tuberías, pozos y estructuras complementarias del sistema. Este grupo contempla excavaciones mecanizadas y manuales en diferentes rangos de profundidad, el transporte del material excavado a sitios autorizados, así como la restitución del terreno mediante relleno compactado y la conformación de camas de apoyo para tuberías.

### **5.3.3. Red de drenaje pluvial**

Este grupo agrupa los rubros correspondientes a la construcción de la infraestructura convencional de drenaje pluvial. Incluye la instalación de tuberías de PVC corrugado de doble pared de distintos diámetros, la construcción de pozos de revisión en diferentes rangos de profundidad, la ejecución de sumideros con rejilla, así como elementos estructurales asociados como replantillos, encofrados y acero de refuerzo. Estos rubros permiten conformar la red principal de conducción y captación de aguas lluvias del proyecto.

#### **5.3.4. Soluciones sostenibles – sistema de retención y atenuación con celdas Aquacell**

Este grupo corresponde a la implementación de soluciones basadas en sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), específicamente el sistema de retención y atenuación mediante celdas Aquacell. Incluye el suministro e instalación del sistema modular de almacenamiento, las conexiones hidráulicas a la red principal, los sistemas de confinamiento e impermeabilización, así como los elementos de ventilación, alivio, inspección y acceso. Estos rubros permiten reducir los caudales pico descargados aguas abajo y mejorar el desempeño hidráulico global del sistema.

#### **5.4. Cantidades de obra y costo del proyecto**

Las cantidades de obra del proyecto fueron determinadas a partir de los planos de diseño, perfiles longitudinales, secciones tipo y resultados de la modelación hidráulica, considerando las dimensiones y características finales del sistema de drenaje pluvial y de las soluciones sostenibles propuestas. Para cada rubro se cuantificaron los volúmenes, longitudes, áreas o unidades correspondientes, de acuerdo con su naturaleza y método de medición.

Con base en estas cantidades, se elaboró el presupuesto del proyecto, mediante el análisis de precios unitarios (APU) para cada rubro, incorporando los costos de mano de obra, materiales, equipos, herramientas menores, rendimientos e indirectos, conforme a criterios técnicos y valores referenciales del mercado local.

En la tabla 5.1. se detalla lo correspondiente al resumen del presupuesto de proyecto.

**Tabla 5.1.***Presupuesto del proyecto***PRESUPUESTO DE OBRA**

					TOTAL	\$ 850,577.47
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	
<b>1. OBRAS PRELIMINARES</b>						
1.1.	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	KM	2.68	221.68	595.19	
<b>2. MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
2.1.	EXCAVACIÓN EN ZANJA CON MANIQUINARIA - PROFUNDIDAD DE 0.00 A 4.00m (SUELO SIN CLASIFICAR)	M3	2,697.16	5.79	15,615.72	
2.2.	EXCAVACION EN ZANJA CON MAQUINARIA - PROFUNDIDAD > 4.00m (SUELO SIN CLASIFICAR)	M3	1,109.20	11.48	12,728.35	
2.3.	EXCAVACIÓN EN ZANJA MANUAL - PROFUNDIDAD DE 0.00 A 2.00m (SUELO SIN CLASIFICAR)	M3	2,180.69	9.42	20,547.25	
2.4.	DESALOJO CON MAQUINARIA (RETROEXCAVADORA + VOLQUETA) HASTA 10km	M3	5,987.05	3.84	23,010.40	
2.5.	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA EN CAPAS MÁXIMAS DE 20CM	M3	8,533.62	8.26	70,486.27	
2.6.	CAMA DE ARENA PARA APOYO DE TUBERÍA (e = 10–15 cm)	M3	466.26	11.51	5,365.10	
<b>3. RED DE DRENAJE PLUVIAL</b>						
3.1.	ENTIBADO DE ZANJA CON TABLIESTACA METÁLICA	M2	638.90	19.57	12,505.19	
3.2.	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 250 mm	M	393.46	27.83	10,949.16	
3.3.	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 300 mm	M	638.33	39.66	25,313.67	
3.4.	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 360 mm	M	587.06	6.22	3,653.11	
3.5.	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 400 mm	M	170.70	61.21	10,448.63	
3.6.	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 500 mm	M	65.26	89.10	5,815.00	

3.7	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 600 mm	M	66.87	134.73	9,009.53
3.8	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 700 mm	M	65.74	176.17	11,581.97
3.9	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 800 mm	M	65.29	244.50	15,964.46
3.10	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 900 mm	M	198.64	294.31	58,462.73
3.11	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 1000 mm	M	129.20	316.36	40,872.68
3.12	S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 1100 mm	M	304.40	348.76	106,163.49
3.13	S. C. POZO REVISION h=0.80-2m f'c=180kg/cm2 Dint=0.9m PARED 20cm	U	5.00	168.09	840.47
3.14	S. C. POZO REVISION h=2.01-3m f'c=180kg/cm2 Dint=0.9m PARED 20cm	U	11.00	212.75	2,340.27
3.15	S. C. POZO REVISION h=3.01-4m f'c=180kg/cm2 Dint=0.9m PARED 20cm	U	11.00	260.18	2,861.96
3.16	S. C. POZO REVISION h=4.01 y mayor a 5m f'c=210kg/cm2 Dint=1.2m PARED 30cm	U	21.00	629.63	13,222.31
3.17	S. C. SUMIDERO INCLUIDO REJILLA H. N	U	47.00	176.03	8,273.23
3.18	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f'c=180 kg/cm2	M3	17.40	96.87	1,685.57
3.19	S. C. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (MADERA)	M2	1,097.10	6.95	7,627.26
3.20	S. C. ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	KG	1,357.20	2.59	3,517.04

**4. SOLUCIONES SOSTENIBLES – SISTEMA DE RETENCIÓN Y ATENUACIÓN CON CELDAS  
AQUACELL**

4.1.	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RETENCIÓN TIPO AQUACELL (7.2X6.6X0.80M)	UN	16.00	18809.44	300,951.09
4.2.	SISTEMA DE CONEXIÓN HIDRÁULICA DE CELDAS AQUACELL A LA RED PRINCIPAL	UN	16.00	1044.32	16,709.17
4.3.	SISTEMA DE CONFINAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN DE CELDA AQUACELL	M2	16.00	1699.24	27,187.79
4.4.	SISTEMA DE VENTILACIÓN Y ALIVIO DEL TANQUE AQUACELL	UN	16.00	129.90	2,078.41
4.5.	SISTEMA DE INSPECCIÓN Y ACCESO AL TANQUE AQUACELL	UN	16.00	262.19	4,195.01

## 5.5. Cronograma de obra

El cronograma de obra del proyecto fue elaborado con base en la Estructura Desglosada de Trabajo (EDT), el presupuesto general y los rendimientos adoptados para cada rubro, permitiendo organizar de manera lógica y secuencial las actividades necesarias para la ejecución del sistema de drenaje pluvial y de las soluciones sostenibles propuestas.

Las actividades fueron desagregadas en fases principales, que incluyen obras preliminares, movimiento de tierras, instalación de la red de drenaje pluvial, construcción de estructuras complementarias (pozos de revisión, sumideros y obras de hormigón), y la implementación del sistema de retención y atenuación con celdas AquaCell. Para cada actividad se asignó una duración estimada, considerando volúmenes de obra, capacidades de producción, disponibilidad de equipos y condiciones constructivas típicas del sitio.

El cronograma fue desarrollado utilizando Microsoft Project, estableciendo relaciones de precedencia entre actividades (inicio–fin, fin–inicio), lo que permitió identificar la secuencia constructiva, los hitos principales del proyecto y la ruta crítica. Esta planificación facilita el control del tiempo de ejecución, la coordinación entre frentes de trabajo y la optimización del uso de recursos.

Se incluye en el apartado de ANEXOS D

## Capítulo 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

El presente proyecto tuvo como objetivo general diseñar un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) para la futura urbanización “Los Girasoles”, que permita una adecuada gestión del agua pluvial y reduzca el riesgo de inundaciones, integrando criterios hidráulicos, ambientales y urbanos. A partir del cumplimiento de los objetivos específicos, relacionados con el análisis hidrológico, la modelación hidráulica y la evaluación de alternativas sostenibles, se obtuvieron resultados que evidencian la viabilidad técnica y ambiental del sistema propuesto.

La modelación realizada mediante herramientas como SWMM y Civil 3D permitió comprobar que la incorporación de celdas modulares dentro del sistema de drenaje mejora significativamente el control y la regulación de los caudales pluviales, especialmente durante eventos de lluvia intensa. Estas estructuras permiten la retención temporal del agua, reduciendo los caudales pico y disminuyendo la sobrecarga de la red convencional, lo que contribuye a una mayor seguridad hidráulica para la urbanización proyectada.

El sistema propuesto favorece la atenuación controlada de escorrentías y genera condiciones adecuadas para el aprovechamiento del agua pluvial, lo que abre la posibilidad de su uso posterior en actividades no potables. Asimismo, la infiltración controlada contribuye a la recarga de acuíferos y a la reducción de procesos erosivos, fortaleciendo la sostenibilidad ambiental del proyecto y alineándolo con principios de gestión integral del recurso hídrico.

Desde el punto de vista económico, si bien el diseño del sistema presenta una inversión inicial superior a la de soluciones convencionales, los beneficios asociados a la mitigación de inundaciones, la reducción de costos por mantenimiento correctivo y el potencial aprovechamiento del agua pluvial justifican su implementación en el largo plazo. Esta relación costo–beneficio resulta favorable para una urbanización planificada con criterios de resiliencia y sostenibilidad.

El diseño planteado optimiza el uso del suelo mediante la ubicación subterránea de los elementos principales del sistema, lo que permite mantener áreas verdes y espacios recreativos en superficie sin interferencias funcionales. Esta integración entre infraestructura hidráulica y planificación urbana refuerza la calidad del entorno y contribuye al bienestar de los futuros habitantes.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que el sistema de drenaje diseñado no solo cumple con los requerimientos técnicos establecidos, sino que constituye una solución sostenible, adaptable y coherente con los desafíos actuales del desarrollo urbano, el cambio climático y la gestión eficiente del agua en áreas urbanas en crecimiento.

## **6.2. Recomendaciones**

Con base en los resultados del diseño y la modelación hidráulica, se recomienda que, durante la futura fase de ejecución de la urbanización, se mantenga la implementación del sistema de drenaje conforme a las especificaciones técnicas definidas en el proyecto. Resulta fundamental asegurar que las capacidades, cotas, pendientes y conexiones hidráulicas se ejecuten de acuerdo con lo modelado, a fin de garantizar el desempeño esperado del sistema.

Se sugiere considerar, como mejora futura, la incorporación de sistemas de filtración que permitan el aprovechamiento del agua pluvial almacenada para usos domésticos no potables, tales como limpieza domiciliaria, mantenimiento de áreas comunes y riego. Esta medida contribuiría a reducir la demanda de agua potable y a fortalecer la sostenibilidad del sistema de gestión hídrica de la urbanización.

Asimismo, se recomienda prever la implementación de un sistema de monitoreo del drenaje pluvial una vez construida la urbanización, mediante instrumentos que permitan evaluar niveles de agua, tiempos de vaciado y comportamiento del sistema frente a eventos de lluvia

representativos. Este seguimiento facilitaría la detección temprana de fallas, la planificación de mantenimientos preventivos y la validación del desempeño real del sistema respecto al diseño.

Se considera pertinente realizar ajustes técnicos y actualizaciones del diseño conforme se disponga de información más detallada durante las etapas previas a la construcción, como estudios geotécnicos definitivos, configuración final del trazado urbano y variaciones en áreas impermeables. Esta actualización permitirá reducir incertidumbres y optimizar el funcionamiento del sistema.

Como alternativas complementarias para incrementar la sostenibilidad del proyecto, se recomienda evaluar la incorporación futura de soluciones basadas en la naturaleza, tales como sistemas TreeTank, que integran el arbolado urbano con estructuras de retención e infiltración, y techos verde-azulados, los cuales contribuyen a disminuir el escurrimiento superficial desde edificaciones, mejorar el confort térmico y aumentar la superficie verde efectiva de la urbanización.

Finalmente, se recomienda planificar acciones de capacitación y concientización dirigidas a los futuros residentes y administradores del conjunto habitacional, enfocadas en el uso adecuado y mantenimiento del sistema de drenaje sostenible. La apropiación del sistema por parte de la comunidad será determinante para asegurar su eficiencia, durabilidad y beneficios ambientales a largo plazo.

### Referencias

- Ahiablame, L. M., Engel, B. A., & Chaubey, I. (2012). Effectiveness of low impact development practices: A review. *Journal of Environmental Management*, *119*, 76–91. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.01.001>
- Arnbjerg-Nielsen, K., Leonardsen, L., Mikkelsen, P. S., & Rosbjerg, D. (2013). Quantifying climate change effects on extreme precipitation used for high resolution hydrologic design. *Urban Water Journal*, *9*(2), 57–65. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2011.630091>
- Ashley, R., Gersonius, B., & Zevenbergen, C. (2014). Flexibility in adaptation planning: When, where and how to include flexibility for increasing urban flood resilience. En *Solutions for Sustainable Water Management*. IWA Publishing.
- Babí Almenar, J., Elliot, T., Ruzickova, J., & Almenar, V. (2021). Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. *Land Use Policy*, *100*, 104898. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104898>
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología aplicada* (Trad. de *Applied Hydrology*). McGraw-Hill Interamericana.
- Elliot, T., Cortinovis, C., Vina-Herce, M. J., & Geneletti, D. (2019). Mapping the potential for Nature-Based Solutions for flood-risk reduction in cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, *46*, 126487. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126487>
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., et al. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, *12*(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Fletcher, T. D., Vietz, G. J., & Walsh, C. J. (2015). Urban hydrogeomorphology and the urban stream syndrome. *Progress in Physical Geography*, *40*(3), 480–492. <https://doi.org/10.1177/0309133315608812>

- INAMHI. (2023). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Interagua C. E. M. S. A. (2023). *Ajuste y revisión del Plan Maestro de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial de Guayaquil* (Tomo I). Guayaquil, Ecuador.
- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. L. H. (1975). *Hydrology for engineers* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Locatelli, B., Homberger, J. M., Ochoa-Tocachi, B. F., Bonnesoeur, V., Román, F., Drenkhan, F., & Buytaert, W. (2020). *Impactos de las zanjales de infiltración en el agua y los suelos: ¿Qué sabemos?* Forest Trends.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2024). *Geoportal institucional: mapa de susceptibilidad a inundaciones*. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/visor-geo>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2025). *Plantaciones forestales del Ecuador 1:5.000* [Mapa interactivo]. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/visor-geo>
- Ministerio del Ambiente y Energía. (2013). *Índice ombrotérmico anual del Ecuador continental* [Mapa interactivo]. Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques. <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- Ministerio del Ambiente y Energía. (2013). *Índice de termicidad del Ecuador continental* [Mapa interactivo]. Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques. <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- Ministerio del Ambiente y Energía. (2024). *Biocapacidad per cápita 2024* [Geoportal]. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/visor-geo>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (1996). *Guía de diseño de sistemas de drenaje y recarga de aguas lluvias*. Santiago, Chile.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2023). *Guía de soluciones basadas en la naturaleza para la gestión sostenible de aguas pluviales*. Secretaría de Ambiente.

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2023). *Norma técnica para el diseño de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)*. Secretaría de Ambiente.

Norén, V., Olofsson, A., & Wiklund, E. (2016). Flood risk assessment practices in flood prone Swedish municipalities. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 268–278. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.07.003>

Pavco Wavin. (2024). *Manual técnico AquaCell para el manejo inteligente de aguas lluvia*.

Plastigama Wavin. (s. f.). *AquaCell 400: Sistema modular para retención y gestión de aguas lluvias* [Ficha técnica]. [https://wavin.com/pe/s/C52\\_F502\\_S507/Sistemas-de-Infiltracion-Atenuacion-Aquacell](https://wavin.com/pe/s/C52_F502_S507/Sistemas-de-Infiltracion-Atenuacion-Aquacell)

Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador: Fundamentos explicativos*. Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica (CEDIG).

Schueler, T. R. (1994). The importance of imperviousness. *Watershed Protection Techniques*, 1(3), 100–111.

Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E., & Smith, D. R. (2005). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review. *Urban Water Journal*, 2(4), 263–275. <https://doi.org/10.1080/15730620500386529>

Tito, B. (2020). Cómo hacer una matriz de Leopold modificada en Excel. *Ingeniería Ambiental*. <https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/>

Wavin. (2025). *AquaCell NG: Technical data sheet*.

Yang, L., Lauer, T., & Yang, B. (2015). Impacts of urban land use/cover change on meteorological characteristics and flood events. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(3), 1627–1643. <https://doi.org/10.5194/hess-19-1627-2015>

Zhu, J., Li, Y., & Zhang, J. (2019). Performance review of green infrastructure. *Journal of Cleaner Production*, 235, 780–792. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.247>

## **ANEXO A: CÁLCULOS**

*Áreas de aportación y longitudes por cada tramo del sistema general*

Pozos de análisis		Área propia (ha)	Área acumulada (ha)	Longitud (m)
Pozo inicial	Pozo final			
1	2	0.091	0.091	53.820
2	3	0.163	0.254	53.820
3	4	0.112	0.366	70.500
4	5	0.463	1.291	66.911
5	6	0.449	2.189	67.023
6	7	0.479	2.668	63.055
7	8	0.466	4.079	65.261
8	9	0.463	5.004	66.871
9	10	0.449	5.901	65.745
10	11	0.479	6.381	65.293
11	12	0.466	7.791	64.958
12	13	0.463	8.716	66.054
13	14	0.449	9.614	67.628
14	15	0.479	10.093	62.994
15	16	0.466	11.509	66.201
16	17	0.463	12.434	65.403
17	18	0.433	13.045	53.779
18	19	0.142	13.187	53.820
19	20	0.234	13.421	28.972
20	21	0.036	13.894	29.831
21	22	0.034	13.928	22.593
22	E	0	13.928	50.000
4 1	4 2	0.341	0.341	53.820
4 2	4	0.122	0.463	53.875
5 1	5 2	0.316	0.316	53.827
5 2	5	0.133	0.449	53.813
7 1	7 2	0.236	0.236	63.054
7 2	7 3	0.454	0.690	53.820
7 3	7	0.255	0.945	53.820
8 1	8 2	0.341	0.341	53.820
8 2	8	0.122	0.463	53.820
9 1	9 2	0.316	0.316	53.820
9 2	9	0.133	0.449	53.820
11 1	11 2	0.236	0.236	65.293
11 2	11 3	0.454	0.690	53.820
11 3	11	0.255	0.945	53.820
12 1	12 2	0.341	0.341	53.820
12 2	12	0.122	0.463	53.863

13_1	13_2	0.316	0.316	53.820
13_2	13	0.133	0.449	53.820
15_1	15_2	0.236	0.236	62.994
15_2	15_3	0.454	0.690	53.820
15_3	15	0.260	0.950	53.820
16_1	16_2	0.341	0.341	53.820
16_2	16	0.122	0.463	53.820
17_1	17	0.178	0.178	57.091
20_1	20_2	0.219	0.219	37.681
20_2	20	0.219	0.438	51.799

*Tiempos de concentración – Período de retorno = 5 años*

Pozos de análisis		Tiempo inicial (min)	Tiempo de recorrido (min)	Tiempo de concentración (min)
Pozo inicial	Pozo final			
1	2	10.00	0.89	10.89
2	3	10.89	0.67	11.56
3	4	11.56	0.79	12.35
4	5	12.35	0.38	12.73
5	6	12.73	0.34	13.07
6	7	13.07	0.31	13.38
7	8	13.38	0.32	13.70
8	9	13.70	0.36	14.06
9	10	14.06	0.32	14.38
10	11	14.38	0.34	14.73
11	12	14.73	0.54	15.26
12	13	15.26	0.38	15.65
13	14	15.65	0.35	15.99
14	15	15.99	0.52	16.52
15	16	16.52	0.53	17.05
16	17	17.05	0.52	17.57
17	18	17.57	0.42	17.99
18	19	17.99	0.42	18.41
19	20	18.41	0.23	18.64
20	21	18.64	0.23	18.87
21	22	18.87	0.17	19.05
22	E	19.05	0.39	19.43
4_1	4_2	10.00	0.63	10.63
4_2	4	10.63	0.63	11.26
5_1	5_2	10.00	0.71	10.71

5_2	5	10.71	0.42	11.13
7_1	7_2	10.00	0.58	10.58
7_2	7_3	10.58	0.39	10.97
7_3	7	10.97	0.34	11.32
8_1	8_2	10.00	0.95	10.95
8_2	8	10.95	0.95	11.91
9_1	9_2	10.00	0.71	10.71
9_2	9	10.71	0.59	11.30
11_1	11_2	10.00	1.09	11.09
11_2	11_3	11.09	0.45	11.54
11_3	11	11.54	0.35	11.89
12_1	12_2	10.00	0.44	10.44
12_2	12	10.44	0.41	10.85
13_1	13_2	10.00	0.45	10.45
13_2	13	10.45	0.41	10.86
15_1	15_2	10.00	1.05	11.05
15_2	15_3	11.05	0.79	11.84
15_3	15	11.84	0.73	12.57
16_1	16_2	10.00	0.69	10.69
16_2	16	10.69	0.75	11.44
17_1	17	10.00	0.73	10.73
20_1	20_2	10.00	0.50	10.50
20_2	20	10.50	0.57	11.06

***Caudales de diseño – diámetros para cada tramo - Período de retorno = 5 años***

Pozos de análisis		Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Pendiente (m/m)	Diámetro de diseño (mm)	Diámetro elegido (mm)
Pozo inicial	Pozo final				
1	2	0.012	0.020	119	250
2	3	0.032	0.020	174	250
3	4	0.045	0.020	198	250
4	5	0.157	0.050	266	300
5	6	0.264	0.050	323	360
6	7	0.319	0.045	354	400
7	8	0.485	0.035	434	500
8	9	0.590	0.025	498	600
9	10	0.691	0.030	510	700
10	11	0.741	0.025	542	800
11	12	0.895	0.006	761	900
12	13	0.993	0.015	666	900

13	14	1.088	0.020	653	900
14	15	1.131	0.005	859	1000
15	16	1.276	0.005	899	1000
16	17	1.366	0.005	922	1100
17	18	1.422	0.005	936	1100
18	19	1.427	0.005	938	1100
19	20	1.446	0.005	942	1100
20	21	1.491	0.005	953	1100
21	22	1.490	0.005	953	1100
22	E	1.480	0.005	951	1100
4 1	4 2	0.044	0.020	196	300
4 2	4	0.058	0.015	230	300
5 1	5 2	0.040	0.015	200	300
5 2	5	0.057	0.050	182	360
7 1	7 2	0.030	0.050	144	300
7 2	7 3	0.088	0.045	218	360
7 3	7	0.119	0.050	240	360
8 1	8 2	0.043	0.006	244	300
8 2	8	0.057	0.005	281	360
9 1	9 2	0.040	0.015	200	300
9 2	9	0.057	0.020	215	360
11 1	11 2	0.030	0.010	193	300
11 2	11 3	0.086	0.030	234	360
11 3	11	0.117	0.050	238	400
12 1	12 2	0.044	0.050	165	250
12 2	12	0.059	0.050	184	250
13 1	13 2	0.041	0.050	160	250
13 2	13	0.057	0.050	182	250
15 1	15 2	0.030	0.010	193	300
15 2	15 3	0.086	0.006	316	360
15 3	15	0.116	0.006	353	400
16 1	16 2	0.044	0.015	206	300
16 2	16	0.058	0.010	248	360
17 1	17	0.023	0.025	147	300
20 1	20 2	0.028	0.020	166	360
20 2	20	0.055	0.020	214	360

*Propiedades hidráulicas de la sección circular*

<b>q/Q</b>	<b>v/V</b>	<b>d/D</b>	<b>rh/Rh</b>	<b>H/D</b>
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.01	0.292	0.092	0.239	0.041
0.02	0.252	0.124	0.315	0.067
0.03	0.400	0.148	0.370	0.086
0.04	0.427	0.165	0.410	0.102
0.05	0.453	0.182	0.449	0.116
0.06	0.473	0.196	0.481	0.128
0.07	0.492	0.210	0.510	0.140
0.08	0.505	0.220	0.530	0.151
0.09	0.520	0.232	0.554	0.161
0.10	0.540	0.248	0.586	0.170
0.11	0.553	0.258	0.606	0.179
0.12	0.570	0.270	0.630	0.188
0.13	0.580	0.280	0.650	0.197
0.14	0.590	0.289	0.668	0.205
0.15	0.600	0.298	0.686	0.213
0.16	0.613	0.308	0.704	0.221
0.17	0.624	0.315	0.716	0.229
0.18	0.634	0.323	0.729	0.236
0.19	0.645	0.334	0.748	0.244
0.20	0.656	0.346	0.768	0.251
0.21	0.664	0.353	0.780	0.258
0.22	0.672	0.362	0.795	0.266
0.23	0.680	0.370	0.809	0.273

0.24	0.687	0.379	0.824	0.280
0.25	0.695	0.386	0.836	0.287
0.26	0.700	0.393	0.848	0.294
0.27	0.706	0.400	0.860	0.300
0.28	0.713	0.409	0.874	0.307
0.29	0.720	0.417	0.886	0.314
0.30	0.729	0.424	0.896	0.321
0.31	0.732	0.431	0.907	0.328
0.32	0.740	0.439	0.919	0.334
0.33	0.750	0.447	0.931	0.341
0.34	0.755	0.452	0.938	0.348
0.35	0.760	0.460	0.950	0.354
0.36	0.768	0.468	0.962	0.361
0.37	0.776	0.476	0.974	0.368
0.38	0.781	0.482	0.983	0.374
0.39	0.787	0.488	0.992	0.381
0.40	0.796	0.498	1.007	0.388
0.41	0.802	0.504	1.014	0.395
0.42	0.806	0.510	1.021	0.402
0.43	0.810	0.516	1.028	0.408
0.44	0.816	0.523	1.035	0.415
0.45	0.822	0.530	1.043	0.422
0.46	0.830	0.536	1.050	0.429
0.47	0.834	0.542	1.056	0.436
0.48	0.840	0.550	1.065	0.443
0.49	0.845	0.557	1.073	0.450

0.50	0.850	0.563	1.079	0.458
0.51	0.855	0.570	1.087	0.465
0.52	0.860	0.576	1.094	0.472
0.53	0.865	0.582	1.100	0.479
0.54	0.870	0.588	1.107	0.487
0.55	0.875	0.594	1.113	0.494
0.56	0.880	0.601	1.121	0.502
0.57	0.885	0.608	1.125	0.510
0.58	0.890	0.615	1.129	0.518
0.59	0.895	0.620	1.132	0.526
0.60	0.900	0.626	1.136	0.534
0.61	0.903	0.632	1.139	0.542
0.62	0.908	0.639	1.143	0.550
0.63	0.913	0.645	1.147	0.559
0.64	0.918	0.651	1.151	0.568
0.65	0.922	0.658	1.155	0.576
0.66	0.927	0.666	1.160	0.585
0.67	0.931	0.672	1.163	0.595
0.68	0.936	0.678	1.167	0.604
0.69	0.941	0.686	1.172	0.614
0.70	0.945	0.692	1.175	0.623
0.71	0.951	0.699	1.179	0.633
0.72	0.955	0.705	1.182	0.644
0.73	0.958	0.710	1.184	0.654
0.74	0.961	0.719	1.188	0.665
0.75	0.965	0.724	1.190	0.677

0.76	0.969	0.732	1.193	0.688
0.77	0.972	0.738	1.195	0.700
0.78	0.975	0.743	1.197	0.713
0.79	0.980	0.750	1.200	0.725
0.80	0.984	0.756	1.202	0.739
0.81	0.987	0.763	1.205	0.753
0.82	0.990	0.770	1.208	0.767
0.83	0.993	0.778	1.211	0.783
0.84	0.997	0.785	1.214	0.798
0.85	1.001	0.791	1.216	0.815

*Verificación de propiedades hidráulicas – Período de retorno = 5 años*

Pozos de análisis		Q/Qo	d/D	H/D	V(m/s)	$\tau \left( \frac{kg}{m^2} \right)$	Condiciones
Pozo inicial	Pozo final						
1	2	0.14	0.289	0.205	1.01	0.84	OK
2	3	0.38	0.482	0.374	1.34	1.23	OK
3	4	0.53	0.582	0.479	1.48	1.38	OK
4	5	0.73	0.710	0.654	2.93	4.44	OK
5	6	0.75	0.724	0.677	3.33	5.36	OK
6	7	0.72	0.705	0.644	3.36	5.32	OK
7	8	0.69	0.686	0.614	3.39	5.13	OK
8	9	0.61	0.632	0.542	3.10	4.27	OK
9	10	0.43	0.516	0.408	3.38	5.40	OK
10	11	0.35	0.460	0.354	3.16	4.75	OK
11	12	0.64	0.651	0.568	2.02	1.55	OK
12	13	0.45	0.530	0.422	2.86	3.52	OK
13	14	0.43	0.516	0.408	3.26	4.63	OK
14	15	0.67	0.672	0.595	2.01	1.45	OK
15	16	0.75	0.724	0.677	2.08	1.49	OK
16	17	0.62	0.639	0.550	2.09	1.57	OK

17	18	0.65	0.658	0.576	2.12	1.59	OK
18	19	0.65	0.658	0.576	2.12	1.59	OK
19	20	0.66	0.666	0.585	2.13	1.60	OK
20	21	0.68	0.678	0.604	2.15	1.60	OK
21	22	0.68	0.678	0.604	2.15	1.60	OK
22	E	0.68	0.678	0.604	2.15	1.60	OK
4 1	4 2	0.32	0.439	0.334	1.43	1.38	OK
4 2	4	0.49	0.557	0.450	1.42	1.21	OK
5 1	5 2	0.34	0.452	0.348	1.26	1.06	OK
5 2	5	0.16	0.308	0.221	2.12	3.17	OK
7 1	7 2	0.14	0.289	0.205	1.80	2.51	OK
7 2	7 3	0.26	0.393	0.294	2.29	3.43	OK
7 3	7	0.34	0.452	0.348	2.61	4.22	OK
8 1	8 2	0.58	0.615	0.518	0.94	0.51	OK
8 2	8	0.52	0.576	0.472	0.94	0.49	OK
9 1	9 2	0.34	0.452	0.348	1.26	1.06	OK
9 2	9	0.25	0.386	0.287	1.52	1.50	OK
11 1	11 2	0.31	0.431	0.328	1.00	0.68	OK
11 2	11 3	0.32	0.439	0.334	1.98	2.48	OK
11 3	11	0.25	0.386	0.287	2.58	4.18	OK
12 1	12 2	0.33	0.447	0.341	2.03	2.91	OK
12 2	12	0.44	0.523	0.415	2.21	3.23	OK
13 1	13 2	0.31	0.431	0.328	1.98	2.83	OK
13 2	13	0.43	0.516	0.408	2.19	3.21	OK
15 1	15 2	0.31	0.431	0.328	1.00	0.68	OK
15 2	15 3	0.70	0.692	0.623	1.13	0.63	OK
15 3	15	0.72	0.705	0.644	1.23	0.71	OK
16 1	16 2	0.37	0.476	0.368	1.30	1.10	OK
16 2	16	0.37	0.476	0.368	1.20	0.88	OK
17 1	17	0.15	0.298	0.213	1.30	1.29	OK
20 1	20 2	0.13	0.280	0.197	1.27	1.17	OK
20 2	20	0.25	0.386	0.287	1.52	1.50	OK

***Régimenes de los pozos de análisis – Período de retorno = 5 años***

Pozos de análisis		H (m)	Número de Froude (NF)	Tipo de flujo
Pozo inicial	Pozo final			
1	2	0.051	1.426	Supercrítico
2	3	0.094	1.397	Supercrítico

3	4	0.120	1.367	Supercrítico
4	5	0.196	2.112	Supercrítico
5	6	0.244	2.156	Supercrítico
6	7	0.258	2.112	Supercrítico
7	8	0.307	1.951	Supercrítico
8	9	0.325	1.736	Supercrítico
9	10	0.286	2.017	Supercrítico
10	11	0.283	1.897	Supercrítico
11	12	0.511	0.904	Subcrítico
12	13	0.380	1.484	Supercrítico
13	14	0.367	1.717	Supercrítico
14	15	0.595	0.832	Subcrítico
15	16	0.677	0.808	Subcrítico
16	17	0.605	0.857	Subcrítico
17	18	0.634	0.851	Subcrítico
18	19	0.634	0.851	Subcrítico
19	20	0.644	0.849	Subcrítico
20	21	0.664	0.843	Subcrítico
21	22	0.664	0.843	Subcrítico
22	E	0.664	0.843	Subcrítico
4_1	4_2	0.100	1.444	Supercrítico
4_2	4	0.135	1.230	Supercrítico
5_1	5_2	0.104	1.250	Supercrítico
5_2	5	0.080	2.397	Supercrítico
7_1	7_2	0.062	2.324	Supercrítico
7_2	7_3	0.106	2.251	Supercrítico
7_3	7	0.125	2.353	Supercrítico
8_1	8_2	0.155	0.764	Subcrítico
8_2	8	0.170	0.728	Subcrítico
9_1	9_2	0.104	1.250	Supercrítico
9_2	9	0.103	1.508	Supercrítico
11_1	11_2	0.098	1.019	Supercrítico
11_2	11_3	0.120	1.823	Supercrítico
11_3	11	0.115	2.427	Supercrítico
12_1	12_2	0.085	2.222	Supercrítico
12_2	12	0.104	2.191	Supercrítico
13_1	13_2	0.082	2.211	Supercrítico
13_2	13	0.102	2.194	Supercrítico
15_1	15_2	0.098	1.019	Supercrítico
15_2	15_3	0.224	0.762	Subcrítico
15_3	15	0.258	0.771	Subcrítico
16_1	16_2	0.110	1.249	Supercrítico
16_2	16	0.132	1.052	Supercrítico
17_1	17	0.064	1.639	Supercrítico

20_1	20_2	0.071	1.519	Supercrítico
20_2	20	0.103	1.508	Supercrítico

**Cotas de análisis – Período de retorno = 5 años**

Pozos de análisis		Cota rasante		Cota lomo		Cota lámina de agua		Cota de invert		Cota de energía	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Pozo inicial	Pozo final	Msnm	Msnm	Msnm	Msnm	Msnm	Msnm	Msnm	Msnm	Msnm	Msnm
1	2	52.267	52.377	50.767	49.691	50.575	49.498	50.502	49.426	50.627	49.540
2	3	52.377	50.673	49.572	48.495	49.427	48.351	49.307	48.230	49.518	48.412
3	4	50.673	49.470	46.995	45.585	46.876	45.466	46.730	45.320	46.988	45.534
4	5	49.470	46.511	44.085	40.740	43.981	40.635	43.768	40.422	44.418	40.724
5	6	46.511	40.929	39.240	35.888	39.120	35.769	38.860	35.508	39.687	35.876
6	7	40.929	35.734	34.388	31.551	34.250	31.413	33.968	31.131	34.825	31.531
7	8	35.734	29.986	30.051	27.767	29.874	27.590	29.531	27.247	30.458	27.736
8	9	29.986	28.508	27.610	25.939	27.365	25.693	26.985	25.314	27.855	25.864
9	10	28.508	25.755	25.643	23.670	25.274	23.301	24.913	22.940	25.855	23.481
10	11	25.755	24.226	22.170	20.538	21.701	20.068	21.333	19.700	22.210	20.258
11	12	24.226	23.484	20.484	20.094	20.132	19.742	19.546	19.156	20.341	20.001
12	13	23.484	23.794	19.850	18.860	19.390	18.399	18.913	17.922	19.808	18.634
13	14	23.794	20.000	18.545	17.193	18.072	16.720	17.608	16.255	18.614	16.951
14	15	20.000	20.000	17.180	16.865	16.834	16.519	16.162	15.847	17.040	16.810
15	16	20.000	20.005	16.710	16.379	16.417	16.086	15.693	15.362	16.638	16.383
16	17	20.005	20.002	16.310	15.983	15.888	15.561	15.185	14.858	16.111	15.876
17	18	20.002	20.000	15.865	15.596	15.463	15.195	14.740	14.471	15.693	15.512
18	19	20.000	20.000	15.504	15.235	15.103	14.834	14.379	14.110	15.332	15.151
19	20	20.000	20.000	15.131	14.986	14.739	14.594	14.006	13.861	14.971	14.913
20	21	20.000	20.000	14.875	14.725	14.495	14.346	13.750	13.600	14.732	14.667
21	22	20.000	20.000	14.631	14.518	14.252	14.139	13.506	13.393	14.488	14.460
22	E	20.000	20.000	14.423	14.173	14.044	13.794	13.298	13.048	14.280	14.115
4_1	4_2	50.090	50.282	48.055	46.979	47.870	46.793	47.738	46.661	47.974	46.862
4_2	4	50.282	49.470	46.905	46.096	46.754	45.946	46.587	45.779	46.856	46.026
5_1	5_2	47.068	50.000	45.106	44.298	44.924	44.116	44.788	43.981	45.005	44.187
5_2	5	50.000	46.511	44.103	41.412	43.834	41.143	43.723	41.032	44.062	41.207
7_1	7_2	43.900	39.228	40.924	37.771	40.693	37.541	40.607	37.454	40.859	37.591
7_2	7_3	39.228	40.166	37.519	35.097	37.280	34.858	37.139	34.717	37.548	34.934
7_3	7	40.166	35.734	34.867	32.176	34.649	31.958	34.487	31.796	34.996	32.043
8_1	8_2	30.397	32.552	29.144	28.821	29.011	28.688	28.826	28.504	29.056	28.773
8_2	8	32.552	29.986	28.780	28.511	28.608	28.339	28.400	28.131	28.653	28.437
9_1	9_2	29.990	29.995	28.759	27.952	28.577	27.770	28.441	27.634	28.659	27.840
9_2	9	29.995	28.508	27.869	26.793	27.628	26.552	27.489	26.413	27.746	26.627
11_1	11_2	29.981	29.989	28.190	27.537	28.001	27.348	27.872	27.219	28.052	27.416
11_2	11_3	29.989	28.225	27.299	25.684	27.077	25.462	26.919	25.304	27.277	25.545

11_3	11	28.225	24.226	25.430	22.739	25.165	22.473	25.010	22.319	25.503	22.557
12_1	12_2	28.751	27.173	26.295	23.604	26.142	23.451	26.030	23.339	26.352	23.509
12_2	12	27.173	23.484	23.451	20.758	23.317	20.623	23.186	20.493	23.566	20.688
13_1	13_2	27.767	27.202	25.214	22.523	25.057	22.366	24.949	22.258	25.257	22.423
13_2	13	27.202	23.794	22.363	19.672	22.227	19.536	22.098	19.407	22.473	19.601
15_1	15_2	20.323	20.000	19.029	18.399	18.841	18.211	18.712	18.082	18.892	18.279
15_2	15_3	20.000	20.001	18.241	17.918	18.110	17.787	17.861	17.538	18.175	17.893
15_3	15	20.001	20.000	17.844	17.521	17.706	17.383	17.424	17.101	17.783	17.502
16_1	16_2	20.003	20.006	18.523	17.716	18.348	17.541	18.205	17.398	18.434	17.614
16_2	16	20.006	20.005	17.668	17.130	17.460	16.921	17.288	16.750	17.533	17.009
17_1	17	20.000	20.002	18.262	16.835	18.034	16.607	17.945	16.518	18.120	16.658
20_1	20_2	20.000	20.000	17.699	16.945	17.420	16.666	17.319	16.565	17.502	16.725
20_2	20	20.000	20.000	16.828	15.792	16.587	15.551	16.448	15.412	16.705	15.627

### *Volumen para movimiento de tierras – Sistema de Drenaje Pluvial*

Pozos de análisis		Profundidad de lomo		Profundidad total de excavación		Ancho de Zanja (m)	Volumen total de excavación (m <sup>3</sup> )	Volumen de desalojo (m <sup>3</sup> )	Volumen de arena (m <sup>3</sup> )	Volumen de mejoramiento (m <sup>3</sup> )	Volumen de relleno del sitio (m <sup>3</sup> )
		Inicial (m)	Final (m)	Inicial (m)	Final (m)						
Pozo Inicial	Pozo Final										
1	2	1.50	2.69	1.93	3.12	0.880	119.48	41.276	7.104	28.892	80.172
2	3	2.80	2.18	3.23	2.61	0.880	138.37	41.276	7.104	28.892	99.063
3	4	3.68	3.88	4.11	4.31	0.880	261.27	54.068	9.306	37.846	209.780
4	5	5.38	5.77	5.87	6.26	0.935	379.32	58.136	9.384	40.086	323.954
5	6	7.27	5.04	7.82	5.59	1.000	449.47	66.855	10.053	45.196	385.796
6	7	6.54	4.18	7.13	4.77	1.040	390.31	68.167	9.837	45.497	325.392
7	8	5.68	2.22	6.37	2.91	1.140	345.31	85.148	11.160	54.988	264.213
8	9	2.38	2.57	3.18	3.37	1.250	273.57	105.322	12.538	65.579	173.264
9	10	2.87	2.08	3.78	2.99	1.360	302.67	122.988	13.412	73.894	185.543
10	11	3.58	3.69	4.61	4.71	1.475	448.92	144.100	14.446	83.530	311.686
11	12	3.74	3.39	4.87	4.51	1.575	479.93	163.821	15.346	92.175	323.911
12	13	3.63	4.93	4.76	6.06	1.575	562.67	166.587	15.605	93.731	404.021
13	14	5.25	2.81	6.37	3.93	1.575	548.83	170.556	15.977	95.965	386.392
14	15	2.82	3.14	4.01	4.32	1.635	428.76	171.410	15.449	94.799	265.518
15	16	3.29	3.63	4.47	4.81	1.635	502.51	180.136	16.236	99.625	330.956
16	17	3.69	4.02	4.99	5.32	1.750	590.22	204.304	17.168	109.473	395.647
17	18	4.14	4.40	5.44	5.70	1.750	524.31	167.994	14.117	90.017	364.318

18	19	4.50	4.77	5.80	6.07	1.750	558.57	168.122	14.128	90.085	398.455
19	20	4.87	5.01	6.17	6.31	1.750	316.44	90.501	7.605	48.494	230.246
20	21	5.13	5.27	6.43	6.57	1.750	339.33	93.186	7.831	49.932	250.584
21	22	5.37	5.48	6.67	6.78	1.750	265.92	70.576	5.931	37.817	198.704
22	E	5.58	5.83	6.88	7.13	1.750	612.64	156.187	13.125	83.691	463.887
4_1	4_2	2.04	3.30	2.52	3.79	0.935	158.71	46.762	7.548	32.243	114.172
4_2	4	3.38	3.37	3.86	3.86	0.935	194.45	46.810	7.556	32.276	149.867
5_1	5_2	1.96	5.70	2.45	6.19	0.935	217.26	46.768	7.549	32.247	172.717
5_2	5	5.90	5.10	6.45	5.65	1.000	325.46	53.679	8.072	36.288	274.338
7_1	7_2	2.98	1.46	3.46	1.94	0.935	159.24	54.785	8.843	37.775	107.062
7_2	7_3	1.71	5.07	2.26	5.62	1.000	212.02	53.686	8.073	36.293	160.894
7_3	7	5.30	3.56	5.85	4.11	1.000	267.99	53.686	8.073	36.293	216.856
8_1	8_2	1.25	3.73	1.74	4.22	0.935	149.82	46.762	7.548	32.243	105.287
8_2	8	3.77	1.47	4.32	2.02	1.000	170.79	53.686	8.073	36.293	119.661
9_1	9_2	1.23	2.04	1.72	2.53	0.935	106.77	46.762	7.548	32.243	62.240
9_2	9	2.13	1.72	2.68	2.27	1.000	132.96	53.686	8.073	36.293	81.832
11_1	11_2	1.79	2.45	2.28	2.94	0.935	159.15	56.730	9.157	39.116	105.119
11_2	11_3	2.69	2.54	3.24	3.09	1.000	170.36	53.686	8.073	36.293	119.229
11_3	11	2.79	1.49	3.38	2.08	1.040	152.87	58.184	8.396	38.834	97.452
12_1	12_2	2.46	3.57	2.89	4.00	0.880	163.06	41.276	7.104	28.892	123.747
12_2	12	3.72	2.73	4.15	3.16	0.880	173.21	41.308	7.110	28.915	133.866
13_1	13_2	2.55	4.68	2.98	5.11	0.880	191.60	41.276	7.104	28.892	152.285
13_2	13	4.84	4.12	5.27	4.55	0.880	232.53	41.276	7.104	28.892	193.217
15_1	15_2	1.29	1.60	1.78	2.09	0.935	113.79	54.732	8.835	37.739	61.662
15_2	15_3	1.76	2.08	2.31	2.63	1.000	132.98	53.686	8.073	36.293	81.847
15_3	15	2.16	2.48	2.75	3.07	1.040	162.74	58.184	8.396	38.834	107.324
16_1	16_2	1.48	2.29	1.97	2.78	0.935	119.27	46.762	7.548	32.243	74.737
16_2	16	2.34	2.88	2.89	3.43	1.000	169.88	53.686	8.073	36.293	118.749
17_1	17	1.74	3.17	2.22	3.65	0.935	156.80	49.603	8.007	34.202	109.559
20_1	20_2	2.30	3.05	2.85	3.60	1.000	121.63	37.587	5.652	25.410	85.830
20_2	20	3.17	4.21	3.72	4.76	1.000	219.60	51.669	7.770	34.930	170.393

3887.43

*Caudales de diseño – período de retorno = 10 años.*

**Pozos de análisis**

**Caudal de diseño (m3/s)**

<b>Pozo inicial</b>	<b>Pozo final</b>	
1	2	0.014

2	3	0.037
3	4	0.053
4	5	0.183
5	6	0.308
6	7	0.373
7	8	0.567
8	9	0.690
9	10	0.808
10	11	0.863
11	12	1.043
12	13	1.152
13	14	1.254
14	15	1.302
15	16	1.469
16	17	1.570
17	18	1.634
18	19	1.638
19	20	1.660
20	21	1.711
21	22	1.709
22	E	1.697
4 1	4 2	0.051
4 2	4	0.068
5 1	5 2	0.047
5 2	5	0.066
7 1	7 2	0.036
7 2	7 3	0.102
7 3	7	0.139
8 1	8 2	0.051
8 2	8	0.068
9 1	9 2	0.047
9 2	9	0.066
11 1	11 2	0.035
11 2	11 3	0.101
11 3	11	0.138
12 1	12 2	0.052
12 2	12	0.069
13 1	13 2	0.047
13 2	13	0.067
15 1	15 2	0.035
15 2	15 3	0.101
15 3	15	0.136
16 1	16 2	0.051
16 2	16	0.067

17 1	17	0.027
20 1	20 2	0.033
20 2	20	0.064

*Tabla y gráfica del hidrograma – método del tiempo pico*

<b>t/Tp</b>	<b>q/Qp</b>	<b>T (min)</b>	<b>Q (L/s)</b>	<b>Volumen acumulado (m<sup>3</sup>)</b>
0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
0.1	0.05	3.6	0.2	0.04
0.2	0.11	7.2	0.8	0.11
0.3	0.19	10.8	1.5	0.24
0.4	0.31	14.4	2.4	0.43
0.5	0.47	18.0	3.6	0.69
0.6	0.66	21.6	5.1	0.98
0.7	0.82	25.2	6.3	1.22
0.8	0.93	28.8	7.1	1.49
0.9	0.99	32.4	7.6	1.55
1.0	1.00	36.0	7.7	1.64
1.1	0.99	39.6	7.6	1.55
1.2	0.93	43.2	7.1	1.49
1.3	0.86	46.8	6.6	1.48
1.4	0.78	50.4	6.0	1.36
1.5	0.68	54.0	5.2	1.21
1.6	0.56	57.6	4.3	1.02
1.7	0.46	61.2	3.9	0.90
1.8	0.39	64.8	3.0	0.78
1.9	0.33	68.4	2.5	0.65
2.0	0.28	72.0	2.1	0.58
2.2	0.21	79.2	1.6	0.50
2.4	0.15	86.4	1.1	0.59
2.6	0.11	93.6	0.8	0.42
2.8	0.08	100.8	0.6	0.32
3.0	0.05	108.0	0.4	0.28
3.2	0.04	115.2	0.3	0.16
3.4	0.02	122.4	0.2	0.11
3.6	0.02	129.6	0.2	0.09
3.8	0.01	136.8	0.1	0.06
4.0	0.01	144.0	0.1	0.07
4.5	0.00	162.0	0.0	0.02
5.0	0.00	180.0	0.0	0.00

**Caudales de diseño – infraestructura gris con integración de SUDS**

Pozos de análisis		Caudal de diseño tr=10 años (m3/s)	% Atenuación	Caudal de diseño (m3/s)	Diámetro de diseño (mm)	Diámetro elegido (m)
Pozo inicial	Pozo final					
1	2	0.014	0.000	0.014	133	0.250
2	3	0.037	46.340	0.025	160	0.250
3	4	0.053	28.154	0.041	199	0.250
4	5	0.183	22.984	0.149	261	0.300
5	6	0.308	16.065	0.266	324	0.360
6	7	0.373	16.781	0.320	347	0.400
7	8	0.567	10.376	0.513	444	0.500
8	9	0.690	10.217	0.626	509	0.600
9	10	0.808	8.531	0.745	525	0.700
10	11	0.863	9.326	0.790	555	0.800
11	12	1.043	8.434	0.962	781	0.900
12	13	1.152	8.548	1.061	683	0.900
13	14	1.254	7.689	1.165	670	0.900
14	15	1.302	8.222	1.203	880	1.000
15	16	1.469	9.211	1.345	917	1.000
16	17	1.570	10.011	1.427	938	1.100
17	18	1.634	10.114	1.484	951	1.100
18	19	1.638	9.995	1.489	953	1.100
19	20	1.660	9.804	1.512	958	1.100
20	21	1.711	9.438	1.563	970	1.100
21	22	1.709	9.632	1.559	969	1.100
22	E	1.697	9.632	1.548	967	1.100
4 1	4 2	0.051	30.875	0.039	187	0.300
4 2	4	0.068	21.051	0.056	226	0.300
5 1	5 2	0.047	0.000	0.047	212	0.300
5 2	5	0.066	0.000	0.066	192	0.360
7 1	7 2	0.036	0.000	0.036	153	0.300
7 2	7 3	0.102	0.000	0.102	231	0.360
7 3	7	0.139	0.000	0.139	254	0.360
8 1	8 2	0.051	0.000	0.051	260	0.300
8 2	8	0.068	0.000	0.068	300	0.360
9 1	9 2	0.047	0.000	0.047	212	0.300
9 2	9	0.066	0.000	0.066	229	0.360
11 1	11 2	0.035	0.000	0.035	205	0.300
11 2	11 3	0.101	0.000	0.101	249	0.360
11 3	11	0.138	0.000	0.138	253	0.400
12 1	12 2	0.052	0.000	0.052	175	0.250
12 2	12	0.069	0.000	0.069	196	0.250

13 1	13 2	0.047	0.000	0.047	170	0.250
13 2	13	0.067	0.000	0.067	193	0.250
15 1	15 2	0.035	51.702	0.023	176	0.300
15 2	15 3	0.101	25.926	0.080	307	0.360
15 3	15	0.136	17.587	0.116	353	0.400
16 1	16 2	0.051	30.878	0.039	198	0.300
16 2	16	0.067	21.053	0.056	244	0.360
17 1	17	0.027	59.813	0.017	131	0.300
20 1	20 2	0.033	0.000	0.033	176	0.360
20 2	20	0.064	0.000	0.064	226	0.360

### *Volumen para movimiento de tierras*

Pozos de análisis		Profundidad de lomo		Profundidad total de excavación		Ancho de Zanja (m)	Volumen total de excavación (m <sup>3</sup> )	Volumen de desalojo (m <sup>3</sup> )	Volumen de arena (m <sup>3</sup> )	Volumen de mejoramiento (m <sup>3</sup> )	Volumen de relleno del sitio (m <sup>3</sup> )
		Inicial (m)	Final (m)	Inicial (m)	Final (m)						
Pozo Inicial	Pozo Final										
1	2	1.50	2.42	1.93	2.85	0.880	113.11	46.266	7.104	33.644	69.048
2	3	2.50	1.87	2.93	2.30	0.880	234.64	162.523	7.104	33.644	79.859
3	4	3.37	3.30	3.80	3.73	0.880	233.59	59.057	9.306	42.598	177.348
4	5	4.80	5.18	5.28	5.67	0.935	453.31	179.383	9.384	44.838	282.469
5	6	6.68	4.45	7.23	5.00	1.000	520.84	188.102	10.053	49.948	341.691
6	7	5.95	3.91	6.54	4.50	1.040	472.87	189.414	9.837	50.249	292.473
7	8	5.41	1.95	6.10	2.64	1.140	325.08	90.138	11.160	59.740	239.234
8	9	2.11	2.30	2.91	3.10	1.250	361.74	226.570	12.538	70.331	145.955
9	10	2.62	1.84	3.53	2.75	1.360	280.83	127.977	13.412	78.646	158.942
10	11	3.34	3.44	4.37	4.47	1.475	536.11	265.348	14.446	88.282	283.401
11	12	3.50	3.15	4.63	4.27	1.575	566.00	285.068	15.346	96.927	294.502
12	13	3.39	4.69	4.52	5.82	1.575	648.42	287.834	15.605	98.483	374.293
13	14	5.01	2.57	6.13	3.69	1.575	523.15	175.546	15.977	100.717	355.964
14	15	2.59	2.91	3.78	4.09	1.635	515.91	292.657	15.449	99.551	237.186
15	16	3.06	3.40	4.25	4.58	1.635	588.45	301.383	16.236	104.377	301.421
16	17	3.46	3.79	4.76	5.09	1.750	674.47	325.551	17.168	114.225	364.419
17	18	3.91	4.18	5.21	5.48	1.750	502.92	172.983	14.117	94.769	338.172
18	19	4.27	4.54	5.57	5.84	1.750	537.42	173.111	14.128	94.837	372.557
19	20	4.65	4.79	5.95	6.09	1.750	305.20	95.491	7.605	53.246	214.256

20	21	4.92	5.07	6.22	6.37	1.750	328.49	98.175	7.831	54.684	234.988
21	22	5.16	5.27	6.46	6.57	1.750	257.50	75.566	5.931	42.569	185.534
22	E	5.37	5.62	6.67	6.92	1.750	594.28	161.177	13.125	88.443	440.773
4_1	4_2	1.46	2.73	1.95	3.21	0.935	240.50	168.009	7.548	36.995	80.490
4_2	4	2.81	2.81	3.29	3.29	0.935	165.87	51.799	7.556	37.028	116.537
5_1	5_2	1.38	5.12	1.86	5.60	0.935	187.83	51.757	7.549	36.999	138.536
5_2	5	5.33	4.53	5.88	5.08	1.000	295.01	58.669	8.072	41.040	239.133
7_1	7_2	2.67	1.15	3.15	1.63	0.935	141.05	59.774	8.843	42.527	84.125
7_2	7_3	1.42	4.78	1.97	5.33	1.000	196.54	58.675	8.073	41.045	140.659
7_3	7	5.03	3.29	5.58	3.84	1.000	253.35	58.675	8.073	41.045	197.466
8_1	8_2	0.97	3.45	1.45	3.93	0.935	135.56	51.751	7.548	36.995	86.271
8_2	8	3.49	1.20	4.04	1.75	1.000	155.87	58.675	8.073	41.045	99.984
9_1	9_2	0.93	1.74	1.41	2.22	0.935	91.47	51.751	7.548	36.995	42.182
9_2	9	1.83	1.42	2.38	1.97	1.000	116.97	58.675	8.073	41.045	61.087
11_1	11_2	1.52	2.19	2.01	2.67	0.935	142.84	61.720	9.157	43.868	84.061
11_2	11_3	2.45	2.30	3.00	2.85	1.000	157.22	58.675	8.073	41.045	101.340
11_3	11	2.58	1.27	3.17	1.86	1.040	140.76	63.174	8.396	43.586	80.595
12_1	12_2	2.19	3.30	2.62	3.73	0.880	150.50	46.266	7.104	33.644	106.442
12_2	12	3.48	2.48	3.91	2.91	0.880	161.58	46.298	7.110	33.667	117.483
13_1	13_2	2.30	4.42	2.73	4.85	0.880	179.43	46.266	7.104	33.644	135.371
13_2	13	4.60	3.88	5.03	4.31	0.880	221.15	46.266	7.104	33.644	177.088
15_1	15_2	1.01	1.32	1.49	1.80	0.935	207.80	175.979	8.835	42.491	40.202
15_2	15_3	1.48	1.81	2.03	2.36	1.000	228.89	174.933	8.073	41.045	62.283
15_3	15	1.89	2.21	2.48	2.80	1.040	147.98	63.174	8.396	43.586	87.815
16_1	16_2	1.21	2.02	1.69	2.50	0.935	216.37	168.009	7.548	36.995	56.364
16_2	16	2.07	2.61	2.62	3.16	1.000	155.52	58.675	8.073	41.045	99.640
17_1	17	1.45	2.88	1.94	3.37	0.935	252.32	170.851	8.007	38.954	89.602
20_1	20_2	2.05	2.80	2.60	3.35	1.000	111.99	42.577	5.652	30.162	71.439
20_2	20	2.93	3.96	3.48	4.51	1.000	206.90	56.659	7.770	39.682	152.944

5987.05

4

# **ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

## **RUBRO 1.1. REPLANTEO Y NIVELACIÓN**

**Unidad:** kilómetro (km)

- **Descripción**

Comprende el conjunto de actividades necesarias para materializar en el terreno el trazado del sistema de drenaje pluvial, de acuerdo con las alineaciones, cotas, pendientes y referencias establecidas en los planos del proyecto. Este trabajo constituye la fase inicial y fundamental de la obra, ya que garantiza la correcta ubicación de las zanjas, tuberías, pozos de revisión, sumideros y demás estructuras hidráulicas.

El replanteo incluye la identificación de ejes, abscisas y niveles mediante estacas, clavos, mojones topográficos y señalización visible, asegurando que cada elemento del sistema se ejecute conforme al diseño aprobado.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5% MO)

Equipos topográficos de precisión (estación total o nivel automático), considerados dentro de los costos indirectos de la obra.

Estacas de madera

Clavos de acero

Pintura esmalte

Cinta de precaución

Mojones topográficos

- **Procedimiento de trabajo**

Previo al inicio de las actividades constructivas, se realizará una inspección del área de trabajo para verificar las condiciones del terreno y la correspondencia con los planos del proyecto. A partir de los puntos de referencia establecidos, se procederá a trasladar al terreno

los ejes del sistema, ubicando estacas y mojones que identifiquen claramente el trazado de las zanjas y la posición de las estructuras.

La nivelación se ejecutará controlando las cotas iniciales y finales de cada tramo, verificando pendientes y diferencias de nivel, de manera que se garantice la correcta profundidad de excavación y el funcionamiento hidráulico del sistema. Las marcas deberán permanecer visibles durante toda la ejecución de los trabajos de excavación e instalación de tuberías, realizando las reposiciones necesarias en caso de alteraciones.

Todas las actividades se ejecutarán de forma ordenada y segura, manteniendo señalización adecuada para evitar interferencias con tránsito peatonal o vehicular, y asegurando la correcta identificación de los puntos replanteados hasta la finalización de la obra.

- **Medición y forma de pago**

El replanteo y nivelación se medirá por kilómetro (km) de eje efectivamente replantado y nivelado, considerando únicamente los tramos ejecutados conforme a los planos del proyecto y aprobados durante la supervisión técnica. No se reconocerán replanteos adicionales realizados por errores imputables al constructor.

El pago de este rubro se realizará por kilómetro ejecutado, al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente. Dicho precio incluye la totalidad de los costos por mano de obra, equipos, materiales, herramienta menor, señalización y actividades necesarias para la correcta ejecución del replanteo y nivelación, sin reconocerse pagos adicionales por estos conceptos.

## **RUBRO 2.1. EXCAVACIÓN EN ZANJA A MÁQUINA 0.00 A 4.00 m (SUELO SIN CLASIFICAR)**

**Unidad:** metro cúbico (m<sup>3</sup>)

- **Descripción**

Este rubro comprende la excavación mecánica de zanjas en suelo sin clasificar, desde el nivel natural del terreno hasta una profundidad máxima de 4.00 m, destinada a la instalación de tuberías, colectores, estructuras hidráulicas y demás elementos del sistema urbano de drenaje pluvial.

La excavación se ejecuta mediante retroexcavadora, conformando zanjas con las dimensiones, alineaciones, pendientes y niveles definidos en los planos del proyecto, garantizando condiciones adecuadas para la colocación del replantillo, tuberías y rellenos posteriores.

Incluye todas las operaciones necesarias para la remoción del material excavado, perfilado y limpieza del fondo de la zanja, así como el control geométrico durante la ejecución, asegurando que la excavación cumpla con los criterios técnicos y constructivos establecidos para el correcto funcionamiento hidráulico del sistema.

- **Equipo mínimo y materiales**

Retroexcavadora tipo Caterpillar 416E o similar

Herramienta menor (5% de la mano de obra)

No requiere materiales de incorporación permanente

*(el material excavado será desalojado según planificación de obra)*

- **Procedimiento de trabajo**

Previo al inicio de la excavación, se verificará que el replanteo y nivelación del tramo correspondiente se encuentren correctamente ejecutados y concordantes con los planos del

proyecto. Se delimitarán claramente las alineaciones, anchos y profundidades de la zanja, considerando el diámetro exterior de la tubería, las condiciones del terreno y la necesidad de espacio suficiente para la instalación, relleno y compactación.

La excavación se ejecutará de forma mecánica mediante retroexcavadora, removiendo el material desde el nivel natural del terreno hasta la profundidad de diseño, sin exceder los 4.00 m. El fondo de la zanja se conformará con precisión, garantizando una superficie estable, uniforme y continua, evitando aflojar o alterar el suelo natural que servirá de apoyo al sistema. En ningún caso se permitirá una excavación excesiva que comprometa la capacidad portante del terreno.

Los últimos 10 cm del fondo de la zanja se afinarán cuidadosamente con la menor anticipación posible a la colocación del replantillo y de la tubería, con el fin de evitar deterioros por exposición prolongada. Las paredes de la excavación deberán mantener una geometría uniforme, de modo que cualquier desviación respecto a la sección proyectada no supere los 5 cm, evitando deformaciones sistemáticas.

Durante la ejecución, se controlará que los tramos abiertos no superen los 200 m de longitud antes de la colocación de la tubería, y que no permanezcan más de 100 m de zanja abierta sin relleno una vez instalada la conducción, salvo condiciones especiales de terreno o clima que lo justifiquen. Se mantendrán condiciones de excavación en seco, asegurando el drenaje natural de aguas lluvias o implementando medidas temporales cuando sea necesario.

En caso de encontrarse suelos inestables o poco resistentes en el fondo de la zanja, se procederá a realizar la sobreexcavación correspondiente hasta alcanzar un estrato adecuado, retirando el material inaceptable y reponiéndolo con material seleccionado o replantillo conforme a los criterios técnicos del proyecto. Todas las excavaciones se ejecutarán

cumpliendo las normas de seguridad, estabilidad de taludes y protección del personal, manteniendo el área de trabajo debidamente señalizada.

- **Medición y forma de pago**

La excavación en zanja a máquina se medirá en metros cúbicos ( $m^3$ ), considerando el volumen realmente excavado conforme a las dimensiones establecidas en los planos del proyecto y verificado en campo. La medición se realizará con base en las secciones teóricas de diseño, aprobadas por la supervisión técnica.

El pago se efectuará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, el cual incluye el costo total de mano de obra, equipos, herramienta menor y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro. No se reconocerán pagos adicionales por sobreexcavaciones no autorizadas o trabajos ejecutados fuera de las especificaciones técnicas.

## **RUBRO 2.2. EXCAVACIÓN EN ZANJA A MÁQUINA > 4.00 m (SUELO SIN CLASIFICAR)**

**Unidad:** metro cúbico (m<sup>3</sup>)

- **Descripción**

Este rubro comprende la excavación mecánica de zanjas en suelo sin clasificar a profundidades mayores a 4.00 m, destinada a la instalación de tuberías, colectores y/o estructuras asociadas al sistema de drenaje pluvial. Incluye la remoción y extracción del material desde el nivel natural del terreno hasta la cota requerida, la conformación geométrica de la zanja (ancho, taludes o sostenimiento), el perfilado y limpieza del fondo.

- **Equipo mínimo y materiales**

Excavadora (capacidad acorde a profundidad y alcance requerido)

Herramienta menor (5% de la mano de obra)

No contempla materiales de incorporación permanente (excavación).

- **Procedimiento de trabajo**

Antes de excavar se comprobará el replanteo (ejes, abscisas, cotas) y se definirá el método de sostenimiento a emplear, considerando profundidad, tipo de suelo, nivel freático, cargas cercanas (vías, aceras, edificaciones), vibraciones y espacio disponible. Para excavaciones >4.00 m no se permitirá ejecutar con paredes verticales sin un sistema de sostenimiento o sin taludes diseñados. El ancho de la zanja se establecerá para permitir instalación y compactación: como criterio de obra, el ancho interior no será menor que el diámetro exterior del tubo + 0.50 m (sin entibado) o diámetro exterior + 0.80 m (con entibado/caja), asegurando holguras para cama, alineación y maniobra. Se delimitará el perímetro del frente y se restringirá el tránsito.

La excavación se realizará por tramos y en etapas, controlando la estabilidad de paredes. En suelos poco cohesivos o con presencia de agua, se implementará sostenimiento a medida que se avanza, evitando dejar taludes “expuestos” a colapso. Cuando el espacio lo permita, se podrán ejecutar taludes con bermas intermedias (bancadas) para reducir riesgos en altura, especialmente en profundidades considerables. El material excavado (acopio temporal) se colocará a una distancia segura del borde de la excavación para no sobrecargar los taludes ni provocar deslizamientos. De igual manera, maquinaria, tuberías y materiales no se posicionarán junto al borde. Se mantendrá un corredor libre para circulación y emergencias.

La excavación se ejecutará procurando condiciones “en seco”. Si se presenta infiltración o acumulación de agua, se aplicará bombeo/achique y drenajes temporales para evitar reblandecimiento del fondo y pérdida de capacidad portante. No se colocará tubería ni replantillo sobre fondo saturado o con material “bombeante” (inestable). Se evitará aflojar el suelo natural del apoyo del tubo. El fondo se perfilará con precisión, y los últimos 10 cm se ejecutarán con mínima anticipación a la colocación del replantillo, para evitar deterioros por exposición prolongada. Si se detecta material inaceptable o inestable, se realizará sobreexcavación localizada y reposición con material seleccionado (arena/grava/replantillo) según el criterio de obra, garantizando un asiento uniforme.

- **Medición y forma de pago**

La excavación en zanja a máquina  $>4.00$  m se medirá en metros cúbicos ( $m^3$ ), considerando el volumen realmente excavado conforme a las dimensiones y cotas definidas en planos y verificadas en campo. La medición se realizará con base en la geometría de diseño aprobada para el tramo y la profundidad ejecutada.

El pago se efectuará al precio unitario establecido en el APU correspondiente e incluye la operación de maquinaria, mano de obra, herramienta menor y las actividades necesarias para ejecutar la excavación con la calidad y seguridad requeridas. No se reconocerán volúmenes por

excavaciones fuera de alineación, sobreelevaciones o sobreprofundidades no justificadas por condiciones reales de terreno.

## **RUBRO 2.3. EXCAVACIÓN EN ZANJA A MANO (SUELO SIN CLASIFICAR) 0.00 A 2.00 m**

**Unidad:** metro cúbico (m<sup>3</sup>)

- **Descripción**

Este rubro comprende la excavación manual de zanjas en suelo sin clasificar, desde el nivel natural del terreno hasta una profundidad máxima de 2.00 m, destinada a la instalación de tuberías, colectores, sumideros u otras estructuras del sistema de drenaje pluvial.

Incluye la remoción y extracción del material mediante herramientas manuales, la conformación del ancho y geometría de la zanja, el perfilado y limpieza del fondo, así como las actividades necesarias para mantener la excavación en condiciones adecuadas hasta la colocación de los elementos proyectados.

La excavación manual se aplica principalmente en zonas donde el uso de maquinaria no es viable o recomendable, como áreas confinadas, proximidad a estructuras existentes, interferencias con servicios, cruces especiales o sectores que requieren mayor precisión y control constructivo.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5% de la mano de obra), que incluye: picos, palas, barretas, zapapicos, carretillas y elementos auxiliares.

No contempla la utilización de materiales permanentes para la ejecución del rubro.

- **Procedimiento de trabajo**

Antes de iniciar la excavación se verificará en campo el trazado, alineación, cotas y límites de la zanja, conforme a los planos del proyecto y al replanteo aprobado. Se identificará la presencia de interferencias superficiales o subterráneas que condicionen el método de excavación.

La excavación se realizará manualmente por tramos cortos y continuos, controlando la profundidad y el ancho definidos en los planos. El ancho interior de la zanja será el suficiente para permitir la correcta instalación de la tubería y la ejecución del relleno, sin exceder innecesariamente las dimensiones proyectadas.

En ningún caso se excavará más allá de la profundidad de diseño ni se permitirá aflojar el suelo natural del fondo de la zanja. Las paredes se conformarán de manera uniforme, evitando socavamientos, desprendimientos o sobreanchos sistemáticos. El fondo de la zanja se limpiará y nivelará cuidadosamente, retirando material suelto, raíces o elementos extraños. Los últimos centímetros de excavación se ejecutarán inmediatamente antes de la colocación del replantillo o de la tubería, para evitar deterioro por exposición prolongada.

El material producto de la excavación se colocará de forma ordenada a una distancia prudente del borde de la zanja, evitando sobrecargas que puedan generar inestabilidad o colapsos en las paredes. La excavación manual se coordinará con la instalación de tuberías y el relleno, de modo que no se mantengan zanjas abiertas por periodos prolongados. En ningún caso se dejarán tramos excavados sin protección cuando las condiciones del entorno lo requieran.

- **Medición y forma de pago**

La excavación en zanja a mano en suelo sin clasificar de 0.00 a 2.00 m se medirá en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), con aproximación a la décima, considerando el volumen realmente excavado conforme a las dimensiones y profundidades establecidas en los planos del proyecto.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, el cual incluye mano de obra, herramienta menor y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro. No se reconocerán volúmenes excavados fuera de proyecto ni sobreexcavaciones atribuibles a errores del ejecutor.

## **RUBRO 2.4. DESALOJO CON MAQUINARIA (RETROEXCAVADORA + VOLQUETA) HASTA 10 km**

**Unidad:** metro cúbico (m<sup>3</sup>)

- **Descripción**

Este rubro comprende el carguío, transporte y disposición final del material producto de las excavaciones realizadas durante la construcción del sistema de drenaje pluvial, utilizando retroexcavadora y volqueta, para una distancia de transporte de hasta 10 km.

Incluye la carga mecánica del material excavado desde el frente de obra, su traslado hasta el sitio de disposición autorizado y el retorno del equipo al área de trabajo, garantizando una operación continua y coordinada con las actividades de excavación.

- **Equipo mínimo y materiales**

Retroexcavadora tipo Caterpillar 416E o similar, equipada con cuchara adecuada para carguío de material suelto.

Volqueta tipo Hyundai HD270 o similar, con capacidad aproximada de 14.50 m<sup>3</sup>.

Herramienta menor (5% de la mano de obra), para apoyo en limpieza, perfilado y control del material durante el carguío.

No contempla la utilización de materiales permanentes para la ejecución del rubro.

- **Procedimiento de trabajo**

El desalojo se ejecutará de manera coordinada con las actividades de excavación, asegurando que el material excavado sea retirado oportunamente y no permanezca acumulado en el borde de las zanjas, evitando sobrecargas e inestabilidad de taludes. La retroexcavadora realizará el carguío mecánico del material excavado directamente sobre la volqueta, controlando la distribución del material dentro de la tolva para evitar sobrepesos, derrames o desbalances durante el transporte.

El material a desalojar corresponderá exclusivamente al producto de las excavaciones aprobadas. No se permitirá la mezcla con residuos ajenos a la obra ni el carguío de material fuera de los volúmenes autorizados. La volqueta trasladará el material hasta el botadero o sitio de disposición final autorizado, ubicado a una distancia máxima de 10 km desde el frente de obra. El recorrido se realizará respetando las normas de tránsito y seguridad vial vigentes.

Una vez en el sitio autorizado, se procederá a la descarga controlada del material y el retorno inmediato del equipo al área de trabajo, optimizando los ciclos de transporte y el rendimiento del rubro. El desalojo se ejecutará en condiciones seguras, evitando derrames durante el transporte y manteniendo limpios los accesos y vías utilizadas. En caso de material húmedo o lluvias, se adoptarán medidas adicionales para prevenir pérdidas de material en ruta.

- **Medición y forma de pago**

El desalojo con maquinaria se medirá en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de material efectivamente cargado, transportado y dispuesto, conforme a los volúmenes de excavación aprobados en obra.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, el cual incluye mano de obra, equipos, herramienta menor, carguío, transporte hasta 10 km y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro. No se reconocerán pagos adicionales por tiempos improductivos, recorridos no autorizados ni volúmenes fuera del proyecto.

**RUBRO 2.5. RELLENO COMPACTADO DE ZANJA EN CAPAS MÁXIMAS DE 20 cm**

**Unidad:** metro cúbico (m<sup>3</sup>)

- **Descripción**

Este rubro comprende el conjunto de actividades necesarias para restituir las excavaciones ejecutadas para la instalación de tuberías y estructuras del sistema de drenaje pluvial, mediante la colocación, extendido y compactación de material de relleno, hasta alcanzar el nivel del terreno natural, subrasante o el nivel definido en los planos del proyecto.

Incluye el relleno lateral y superior de las tuberías, así como la conformación de terraplenes cuando estos sean requeridos, garantizando la estabilidad del conducto, la continuidad estructural del terreno y el adecuado desempeño del sistema instalado.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de la mano de obra), para perfilado, distribución y control del material.

Compactador mecánico tipo plancha vibratoria o apisonador, con potencia aproximada de 5.5 HP o similar.

Agua, para control de humedad durante el proceso de compactación.

Material de relleno, preferentemente producto de la excavación, o material de préstamo aprobado por la fiscalización, cuando el material excavado no cumpla con las condiciones requeridas.

- **Procedimiento de trabajo**

Previo al inicio de las actividades de relleno, se verificará que las tuberías y estructuras instaladas hayan sido correctamente alineadas, niveladas y aprobadas por la fiscalización. No se permitirá iniciar el relleno sin la autorización expresa del Ingeniero Fiscalizador.

El relleno se ejecutará en capas sucesivas con un espesor máximo de 20 cm, las cuales serán distribuidas uniformemente y compactadas hasta alcanzar el grado de densificación requerido según la ubicación de la zanja. La primera etapa del relleno se realizará con material

fino y seleccionado, libre de elementos duros, orgánicos o de gran tamaño, colocándose cuidadosamente alrededor y sobre la tubería hasta alcanzar un recubrimiento mínimo que garantice su protección.

Durante esta fase inicial, la compactación se efectuará manualmente o con equipos livianos, evitando impactos directos o cargas excesivas sobre la tubería. Una vez superado el nivel de protección, se continuará con el relleno por capas, utilizando equipos mecánicos de compactación adecuados al tipo de material y a las condiciones del terreno.

El contenido de humedad del material será controlado durante todo el proceso, adicionando agua o permitiendo su secado cuando sea necesario, con el fin de alcanzar densidades cercanas a la óptima.

En zanjas ubicadas en terrenos con pendiente, se adoptarán medidas adicionales para evitar erosión o deslizamientos del relleno, empleando material de mayor tamaño o soluciones de protección superficial cuando sea requerido. Finalizado el relleno, se procederá a la limpieza del área de trabajo, retirando material excedente y dejando la superficie en condiciones adecuadas para la siguiente fase constructiva.

- **Medición y forma de pago**

El relleno compactado de zanja se medirá en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de material efectivamente colocado y compactado, determinado conforme a los volúmenes aprobados en obra y verificados por la fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, el cual incluye mano de obra, equipos, herramienta menor, control de humedad, compactación por capas, limpieza final y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro. No se reconocerán para fines de pago los rellenos correspondientes a sobreexcavaciones, derrumbes o trabajos adicionales originados por causas imputables al constructor.

**RUBRO 2.6. CAMA DE ARENA PARA APOYO DE TUBERÍA (e = 10–15 cm)**

**Unidad:** metro cúbico (m<sup>3</sup>)

- **Descripción**

Este rubro comprende el suministro, colocación y control de una capa de arena destinada al asiento y apoyo directo de las tuberías del sistema de drenaje pluvial. La cama de arena constituye un elemento fundamental del sistema constructivo, ya que permite una correcta distribución de cargas, reduce tensiones puntuales sobre la tubería, compensa pequeñas irregularidades del fondo de la zanja y garantiza el cumplimiento de las pendientes hidráulicas y alineaciones definidas en el diseño.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de la mano de obra), incluyendo palas, picos, rastrillos, reglas metálicas, niveles y pisones manuales.

Arena de río bien graduada, exenta de materia orgánica, arcillas, limos, raíces, escombros o partículas mayores a 25 mm.

Agua potable o de calidad adecuada para control de humedad, cuando sea necesario.

- **Procedimiento de trabajo**

Una vez ejecutada la excavación de la zanja y aprobadas sus dimensiones, alineación y pendientes, se procederá a la limpieza y preparación del fondo, retirando material suelto, zonas blandas, restos de excavación o acumulaciones de agua. En caso de detectarse irregularidades o material inestable, estas deberán corregirse antes de la colocación de la cama de arena, garantizando una base firme y continua.

Posteriormente, se colocará la arena de forma manual y uniforme sobre el fondo de la zanja, conformando una capa continua con un espesor mínimo de 10 cm y máximo de 15 cm, medido después de su asentamiento. El material será extendido cuidadosamente y nivelado

mediante reglas y niveles, reproduciendo exactamente la pendiente longitudinal definida en los planos del proyecto.

La arena será ligeramente humedecida y asentada, sin aplicar compactación mecánica pesada, de manera que se obtenga una superficie estable pero flexible, capaz de adaptarse al contorno de la tubería una vez instalada. No se permitirá la formación de zonas rígidas ni la sobrecompactación, ya que estas podrían generar concentraciones de esfuerzo en la tubería.

Antes de la colocación de la tubería, se verificará:

- Espesor uniforme de la cama de arena.
- Continuidad del material en toda la longitud del tramo.
- Correcta pendiente y alineación del fondo preparado.
- Ausencia de elementos extraños o contaminantes.

Durante la instalación de la tubería, cualquier alteración de la cama de arena deberá corregirse inmediatamente, restituyendo el material y asegurando nuevamente las condiciones de diseño. No se permitirá la colocación de tuberías directamente sobre el terreno natural ni sobre superficies irregulares.

- **Medición y forma de pago**

La cama de arena para apoyo de tubería se medirá en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de material efectivamente colocado, conformado y aceptado en obra, de acuerdo con los espesores establecidos y las dimensiones reales de la zanja. El volumen se calculará considerando el ancho de zanja correspondiente y el espesor final de la capa de arena ejecutada.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios, el cual incluye el suministro del material, transporte interno, mano de obra, herramienta menor, control de humedad, nivelación, conformación, verificaciones y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro.

### **RUBRO 3.1. ENTIBADO DE ZANJA CON TABLIESTACA METÁLICA**

**Unidad:** metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

#### **• Descripción**

Este rubro comprende el suministro, instalación, mantenimiento y retiro progresivo del sistema de entibado mediante tablestacas metálicas, destinado a garantizar la estabilidad lateral de las zanjas durante la ejecución de excavaciones profundas para la instalación de tuberías, estructuras hidráulicas y elementos asociados al sistema de drenaje pluvial.

El entibado tiene como finalidad prevenir deslizamientos, colapsos parciales o totales de los taludes, proteger infraestructuras existentes, servicios cercanos y edificaciones colindantes, así como garantizar condiciones seguras de trabajo para el personal que interviene en la obra. Su uso será obligatorio en zanjas profundas, suelos inestables, presencia de nivel freático, proximidad a edificaciones, vías de tránsito o cuando las condiciones geotécnicas lo requieran.

#### **• Equipo mínimo y materiales**

Excavadora o retroexcavadora con capacidad para hincado y manipulación de tablestacas.

Soldadora eléctrica para fijaciones, uniones y refuerzos estructurales.

Herramienta menor (5 % de la mano de obra), incluyendo llaves, martillos, barras, equipos de medición y nivelación.

Tablestacas metálicas de acero estructural, con dimensiones y espesor adecuados a la profundidad de la zanja y características del suelo.

Elementos estructurales complementarios (perfiles, correas, tubos, puntales y arriostres metálicos).

#### **• Procedimiento de trabajo**

Previo al inicio del entibado, se realizará una evaluación de las condiciones del terreno, profundidad de excavación, presencia de agua subterránea, cargas externas y proximidad a estructuras existentes, con el fin de definir la longitud, espaciamiento y sistema de arriostramiento de las tablestacas.

La instalación del entibado se ejecutará de forma progresiva y simultánea a la excavación, evitando dejar tramos de zanja sin protección. Las tablestacas metálicas serán introducidas mediante percusión, presión o vibración, según las condiciones del suelo y el equipo disponible, asegurando que cubran como mínimo el 95 % de las paredes laterales de la excavación.

Durante el hincado se verificará:

- Verticalidad y alineación de las tablestacas.
- Continuidad del sistema sin discontinuidades ni espacios libres.
- Correcta penetración en el terreno para garantizar estabilidad.

Cuando la profundidad o el tipo de suelo lo requiera, se colocarán arriostres, puntales o marcos metálicos, fijados mediante soldadura o sistemas mecánicos, con el fin de absorber los empujes laterales del terreno y evitar deformaciones del sistema de entibado.

El contratista adoptará todas las medidas necesarias para evitar afectaciones a redes existentes, edificaciones cercanas o estructuras colindantes, siendo responsable de cualquier daño ocasionado por una instalación inadecuada del entibado.

El retiro de las tablestacas se realizará de manera progresiva y controlada, conforme avance el relleno y compactación de la zanja, garantizando que el material colocado ocupe completamente los espacios liberados. En los casos definidos en el proyecto o por razones de seguridad estructural, las tablestacas podrán permanecer como encofrado perdido, sin derecho a reconocimiento adicional.

- **Medición y forma de pago**

El entibado con tablestaca metálica se medirá en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de superficie efectivamente entibada, correspondiente al área real de contacto entre las paredes de la zanja y el sistema de contención instalado, debidamente ejecutado y aprobado en obra.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios, e incluye el suministro de materiales, equipos, mano de obra, instalación, mantenimiento, retiro progresivo, soldaduras, refuerzos, medidas de seguridad y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro. No se reconocerán pagos por entibados ejecutados sin autorización, fuera de los tramos aprobados o por trabajos adicionales derivados de errores imputables al contratista.

**RUBRO 3.2 – 3.12****S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 250 mm – DN 1100****mm****Unidad:** metro lineal (m)**• Descripción**

Este rubro comprende el suministro, transporte, colocación y correcta instalación de tubería de PVC corrugada de doble pared, con pared exterior estructurada e interior lisa, equipada con sello elastomérico, destinada a la conducción de aguas lluvias dentro del sistema de drenaje pluvial proyectado.

La tubería será utilizada en los diámetros nominales comprendidos entre DN 250 mm y DN 1100 mm, conforme a los planos del proyecto, garantizando continuidad hidráulica, estanqueidad en las uniones y adecuada resistencia estructural frente a cargas del terreno y tránsito. El rubro incluye el alineamiento, nivelación, unión entre tramos, conexión a pozos de revisión y protección del conducto durante el proceso constructivo.

**• Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5% de la mano de obra).

Elementos manuales para alineación y ajuste (palancas, cuñas, niveles).

Equipo liviano para manipulación de tubería (según diámetro).

Compactador liviano (para ajustes puntuales del apoyo).

Tubería PVC corrugada de doble pared tipo NOVAFORT PLUS, conforme a INEN 2059 Tipo B, longitud útil 6 m.

Anillo de caucho (sello elastomérico) según diámetro.

Lubricante para unión elastomérica.

- **Procedimiento de trabajo**

Antes de la colocación de la tubería, se verificará que la zanja cumpla con las dimensiones establecidas en planos, considerando el diámetro exterior del tubo, el espacio necesario para acotillado y compactación. El fondo de la excavación deberá encontrarse regularizado, estable y libre de material suelto, evitando apoyos puntuales que puedan generar concentraciones de esfuerzo.

Se dispondrá una cama de apoyo granular de espesor uniforme entre 10 y 15 cm, constituida por material fino seleccionado, sin partículas mayores a 25 mm. La cama será humedecida y compactada suavemente para proporcionar un apoyo continuo que distribuya adecuadamente las cargas transmitidas por el tubo al terreno, conforme al comportamiento estructural previsto para tuberías flexibles. La tubería será manipulada cuidadosamente, evitando golpes, arrastres o deformaciones. Para diámetros mayores, se utilizarán eslingas o equipos de izaje liviano, asegurando que el tubo no sufra ovalizaciones. La colocación se realizará siguiendo el sentido hidráulico del sistema, verificando permanentemente la pendiente y alineación.

Previo al ensamblaje, se limpiarán completamente el espigo, la campana y el alojamiento del anillo. El sello elastomérico se colocará correctamente en su posición, asegurando que no presente torsiones o deformaciones. Se aplicará lubricante compatible para facilitar el acople. La unión se realizará mediante empuje controlado, manual o mecánico, hasta alcanzar la marca de inserción definida por el fabricante. No se permitirá el uso de golpes directos sobre la tubería ni el uso de elementos rígidos que puedan dañar la campana o el sello. La unión deberá garantizar estanqueidad hidráulica y flexibilidad longitudinal, permitiendo pequeñas rotaciones angulares propias del sistema.

Una vez instalada cada sección, se verificará la alineación horizontal y vertical del conducto. El acotillado lateral se ejecutará con material granular fino, compactado

manualmente en capas no mayores a 20 cm, asegurando el confinamiento del tubo hasta alcanzar al menos la mitad del diámetro exterior.

Este proceso es fundamental para el correcto desempeño estructural de la tubería flexible, ya que el sistema tubo-suelo trabaja de forma conjunta para resistir las cargas externas. El relleno inicial se ejecutará hasta alcanzar un mínimo de 30 cm por encima de la generatriz superior del tubo, utilizando material seleccionado y compactado cuidadosamente. No se permitirá el tránsito de equipos ni cargas sobre la tubería hasta que se haya completado este nivel de protección.

Las conexiones a pozos de revisión, sumideros u otras estructuras se realizarán utilizando accesorios compatibles, garantizando continuidad hidráulica y evitando filtraciones. Durante todo el proceso se mantendrán controles de pendiente, alineación y nivel, corrigiendo cualquier desviación antes de continuar con el relleno definitivo.

- **Medición y forma de pago**

La tubería PVC corrugada doble pared se medirá en metros lineales (m) efectivamente suministrados e instalados, conforme a los planos aprobados y las verificaciones realizadas en obra.

El pago se realizará al precio unitario contractual, el cual incluye el suministro del tubo, anillos elastoméricos, lubricante, mano de obra, equipos, herramienta menor, alineación, unión, colocación, acotillado inicial y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro. No se reconocerán pagos adicionales por desperdicios, reprocesos o trabajos ejecutados fuera de especificación.

### RUBROS 3.13 – 3.16 S. C. POZOS DE REVISIÓN DE HORMIGÓN SIMPLE

**Diámetro interior:** 0.90 m

**Espesor de pared:** 20 cm ( $h \leq 4.00$  m) / 30 cm ( $h > 4.00$  m)

**Unidad:** Unidad (u)

#### Rangos de aplicación

**3.13:**  $h = 0.80 - 2.00$  m       $f'c = 180$  kg/cm<sup>2</sup>

**3.14:**  $h = 2.01 - 3.00$  m       $f'c = 180$  kg/cm<sup>2</sup>

**3.15:**  $h = 3.01 - 4.00$  m       $f'c = 180$  kg/cm<sup>2</sup>

**3.16:**  $h = 4.01 - 5.00$  m       $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>

- **Descripción**

Este rubro comprende la construcción de pozos de revisión de hormigón simple, ejecutados in situ, destinados a permitir el acceso, inspección, limpieza y mantenimiento de las redes de drenaje pluvial. Los pozos se ubicarán en los puntos indicados en los planos del proyecto o donde lo disponga la supervisión técnica, asegurando la correcta operación hidráulica del sistema.

Incluye la ejecución de la losa de fondo, paredes, canales hidráulicos interiores tipo media caña, estribos de acceso, acabados internos, encofrados, desencofrados y todos los trabajos necesarios para dejar la estructura completamente funcional.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5% de la mano de obra).

Concretera tipo 1 saco o similar.

Vibrador de inmersión.

Encofrado metálico o modular para pozos (dos caras).

Cemento Portland.

Agua potable.

Arena lavada.

Agregado grueso (ripió triturado).

- **Procedimiento de trabajo**

Previo a la construcción, se verificará la localización exacta del pozo conforme a los planos y se comprobará la alineación y pendiente de los tramos de tubería adyacentes. No se permitirá la instalación de longitudes excesivas de tubería sin la ejecución previa del pozo correspondiente.

Se ejecutará la excavación hasta alcanzar el nivel de fundación definido en el diseño. El fondo se regularizará y, de ser necesario, se reemplazará el material inadecuado por material granular o por una capa de hormigón de limpieza que garantice una fundación estable.

La losa de fondo se fundirá previamente a la colocación de las tuberías, evitando excavaciones bajo los extremos de los conductos.

En la base del pozo se conformarán los canales interiores tipo media caña, alineados con los conductos de entrada y salida, asegurando una transición hidráulica suave y evitando zonas de sedimentación. Estos canales se ejecutarán directamente durante el fundido o mediante el uso de tuberías cortadas longitudinalmente, según el método constructivo adoptado. Las paredes del pozo se ejecutarán con hormigón simple, utilizando encofrado metálico o modular, respetando el diámetro interior y el espesor de pared definido para cada rango de altura. El hormigón será vibrado cuidadosamente para garantizar la adecuada compactación y evitar vacíos o nidos de grava.

Las superficies interiores del pozo, especialmente hasta un metro desde el fondo, recibirán un acabado liso, garantizando condiciones adecuadas para la operación y mantenimiento.

Se instalarán estribos metálicos fabricados con varilla de Ø16 mm, empotrados firmemente en el hormigón, con espaciamiento vertical de 40 cm, dispuestos en forma alternada y protegidos con pintura anticorrosiva. El hormigón será curado adecuadamente durante el tiempo necesario para alcanzar la resistencia especificada. No se permitirá el relleno ni la colocación de cargas sobre el pozo hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia mínima requerida.

- **Medición y forma de pago**

Los pozos de revisión se medirán en unidades (u), contabilizando únicamente aquellos completamente construidos y aprobados por la supervisión técnica, de acuerdo con los rangos de altura definidos.

El precio unitario incluye la losa de fondo, paredes, canales interiores, estribos, encofrado, desencofrado, materiales, mano de obra, equipos y herramienta menor, necesarios para la correcta ejecución del pozo.

La altura considerada para el pago corresponde a la altura libre interior del pozo, dentro del rango especificado. No se reconocerán pagos adicionales por trabajos fuera de especificación o por reprocesos imputables al contratista.

### **RUBRO 3.17. S.C. SUMIDERO DE CALZADA INCLUIDA REJILLA DE HIERRO NODULAR**

**Unidad:** Unidad (u)

- **Descripción**

Este rubro comprende el suministro y construcción de sumideros de calzada para la captación de aguas lluvias, incluidos el sifón de hormigón simple, la rejilla y cerco de hierro nodular, así como su conexión hidráulica directa al pozo de revisión correspondiente.

Los sumideros se ejecutarán en los puntos definidos en los planos del proyecto, generalmente ubicados en las zonas más bajas de la calzada, junto al bordillo o cinta gotera, favoreciendo la recolección rápida y eficiente del escurrimiento superficial.

El rubro incluye la correcta conformación del sifón, la instalación de la rejilla metálica, la conexión mediante tubería PVC estructurada de 250 mm de diámetro y el sellado de uniones con mortero, garantizando la continuidad hidráulica del sistema de drenaje pluvial.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de la mano de obra), para trabajos de ajuste, nivelación, alineación y acabados.

Rejilla de hierro nodular con logotipo EP-EMAPA-A.

Tubería PVC DN 250 mm estructurada, conforme a la Norma INEN 2059

Sifón de hormigón simple  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$

Cemento Portland.

Arena lavada.

Agua.

Pegamento para tubería PVC.

- **Procedimiento de trabajo**

Previo al inicio de la construcción del sumidero, se verificará la ubicación exacta conforme a los planos del proyecto y los niveles de la calzada, asegurando que el sumidero se localice en el punto de máxima captación de aguas lluvias.

Se procederá a la excavación necesaria para alojar el sifón del sumidero y la tubería de conexión hacia el pozo de revisión, garantizando estabilidad del terreno y cotas adecuadas.

El sifón será construido en hormigón simple con una resistencia mínima de  $f'c = 180$  kg/cm<sup>2</sup>, conforme a los planos de detalle. El pico o salida del sifón tendrá un diámetro interior de 250 mm y se orientará en la dirección del flujo hacia el pozo de revisión.

La conexión entre el sumidero y el pozo se realizará mediante tubería PVC DN 200 mm, cuidando que la pendiente de instalación no sea menor al 2 % ni mayor al 20 %.

Para la conexión al pozo de revisión, se ejecutará el orificio correspondiente en la pared del pozo, logrando un empotramiento limpio y uniforme. El sellado se realizará con mortero cemento-arena en proporción 1:3, formando una superficie interior lisa que no genere pérdidas hidráulicas ni acumulación de sedimentos.

El cerco y la rejilla de hierro nodular se colocarán sobre el sifón, asentados con mortero cemento-arena 1:3, cuidando estrictamente los niveles para garantizar una superficie continua y lisa con la calzada.

Las rejillas tendrán dimensiones aproximadas de 0.55 m × 0.45 m y una altura total de cerco y rejilla de 0.25 m, fijadas mediante goznes de seguridad con pasadores metálicos de 5/8", colocados a presión.

Las piezas de hierro fundido deberán estar libres de defectos y recubiertas con pintura bituminosa protectora. Todas las superficies internas del sifón deberán presentar un acabado liso, asegurando un correcto funcionamiento hidráulico.

- **Medición y forma de pago**

El suministro y construcción de sumideros de calzada se medirá por **unidad (u)** efectivamente construida y aprobada en obra, conforme a los planos del proyecto y a las disposiciones del Ingeniero Fiscalizador.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, el cual incluye mano de obra, herramienta menor, materiales, rejilla y cerco de hierro nodular, sifón, tubería de conexión, morteros, acabados y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro.

No se reconocerán pagos adicionales por trabajos mal ejecutados, reprocesos o elementos fuera de especificación.

**RUBRO 3.18. REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$** 

**Unidad:** metro cúbico ( $\text{m}^3$ )

- **Descripción**

Este rubro comprende el suministro, elaboración y colocación de hormigón simple de resistencia  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ , destinado a la ejecución de replantillos que sirven como capa de apoyo, regularización y protección para estructuras hidráulicas y elementos complementarios del sistema de drenaje pluvial. El replantillo proporciona una superficie uniforme y estable, permite una correcta distribución de cargas, mejora las condiciones de apoyo del sistema y protege las estructuras frente a la acción directa del suelo y la humedad, por lo que deberá incorporar aditivo impermeabilizante, considerando que estará en contacto permanente con agua o humedad del terreno.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de la mano de obra), para nivelación, extendido y acabado.

Concretera de un saco, para la preparación controlada de la mezcla.

Cemento Portland que cumpla la norma INEN 152.

Arena lavada, limpia y libre de impurezas orgánicas.

Ripio triturado, conforme a los requisitos granulométricos de la norma INEN 872.

Agua potable, conforme a la norma INEN 1108.

- **Procedimiento de trabajo**

Previo a la colocación del replantillo, se verificará que la excavación se encuentre conforme a las alineaciones, cotas y niveles establecidos en los planos del proyecto, y que el fondo esté limpio, libre de material suelto, lodo, restos orgánicos u otros elementos que puedan afectar la adherencia o uniformidad del hormigón.

El hormigón simple será elaborado en obra utilizando una concreteira de un saco, conforme al diseño de mezcla aprobado por un laboratorio calificado y autorizado por el Ingeniero Fiscalizador. El contratista deberá realizar previamente mezclas de prueba con los materiales a emplearse en la obra, asegurando que se alcance la resistencia especificada de  $f^c = 180 \text{ kg/cm}^2$ . Cualquier modificación en la dosificación deberá contar con la aprobación expresa de la Fiscalización. La mezcla de hormigón deberá presentar una consistencia adecuada que permita su colocación sin segregación, asegurando una correcta compactación manual. El vertido se realizará directamente sobre el fondo preparado, distribuyendo el material de manera uniforme hasta alcanzar el espesor indicado en los planos del proyecto.

El replantillo será nivelado y afinado cuidadosamente, obteniendo una superficie regular y continua que garantice el correcto apoyo de la tubería o estructura a instalarse posteriormente. Durante la colocación se evitará el desplazamiento del material y se controlará que no existan vacíos, segregaciones ni discontinuidades. Una vez colocado el hormigón, se procederá al curado utilizando agua limpia, manteniendo la superficie húmeda durante el tiempo necesario para asegurar un adecuado desarrollo de la resistencia. No se permitirá la colocación de tuberías, estructuras o cargas sobre el replantillo hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia suficiente para soportarlas, conforme a las indicaciones del Ingeniero Fiscalizador.

- **Medición y forma de pago**

El replantillo de hormigón simple  $f^c = 180 \text{ kg/cm}^2$  se medirá en **metros cúbicos ( $\text{m}^3$ )** efectivamente colocados, de acuerdo con los volúmenes definidos en los planos del proyecto y aprobados en obra por la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, el cual incluye materiales, mano de obra, equipo, herramienta menor, preparación de la mezcla, colocación, nivelación, acabado, curado y todas las actividades

necesarias para la correcta ejecución del rubro.

No se reconocerán pagos adicionales por trabajos fuera del proyecto, reprocesos o elementos rechazados por la Fiscalización.

**RUBRO 3.19. S. C. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (MADERA)**

**Unidad:** metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

- **Descripción**

Este rubro comprende el suministro, montaje, utilización y retiro de encofrados de madera, empleados para dar forma, contención y acabado al hormigón fresco durante la construcción de elementos estructurales y no estructurales del sistema de drenaje pluvial.

Incluye todas las actividades necesarias para la confección de las formas volumétricas, su correcta alineación y fijación, así como el desencofrado posterior, una vez que el hormigón haya alcanzado la resistencia mínima requerida, garantizando que no se produzcan daños, fisuras o deformaciones en los elementos fundidos.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de la mano de obra), para corte, ajuste y montaje.

Tablas de encofrado de madera (aprox. 0.30 × 2.40 m).

Alfajías de eucalipto 5 × 5 × 250 cm, rústicas.

Clavos de acero de 2 ½".

Alambre galvanizado N° 18.

Desmoldante para encofrado de madera, de origen comercial.

- **Procedimiento de trabajo**

Previo a la ejecución del encofrado, se verificará que las alineaciones, niveles y dimensiones del elemento a fundirse correspondan a lo indicado en los planos del proyecto y a las disposiciones del Ingeniero Fiscalizador. Las superficies donde se apoyarán los encofrados deberán encontrarse limpias y firmes, garantizando estabilidad durante el vaciado del hormigón.

Los encofrados serán construidos utilizando madera en buen estado, sin deformaciones excesivas, grietas o defectos que puedan comprometer la resistencia o el acabado del hormigón. Podrán ser rectos o curvos, según los requerimientos del diseño, y deberán ser lo suficientemente rígidos para resistir la presión hidrostática generada durante el vaciado y vibrado del hormigón.

En el caso de tabiques o paredes delgadas, los encofrados estarán conformados por tableros de madera o madera contrachapada, con un espesor mínimo de 1 cm, reforzados mediante bastidores, alfajías y apuntalamientos adecuados. Los tableros se mantendrán en posición mediante pernos, tirantes o amarres, de tal forma que el sistema en conjunto sea capaz de resistir los esfuerzos del hormigón fresco sin desplazamientos ni deformaciones.

Antes del vaciado, las superficies internas del encofrado deberán encontrarse limpias y libres de restos de mortero, polvo u otros materiales extraños. Posteriormente, se aplicará uniformemente un desmoldante para madera, con el fin de evitar la adherencia del hormigón y facilitar el desencofrado sin dañar las superficies fundidas.

Durante el vaciado del hormigón, se verificará continuamente la estabilidad del encofrado, corrigiendo de inmediato cualquier desplazamiento o filtración de lechada. El uso de vibradores implicará la necesidad de encofrados suficientemente resistentes, por lo que se pondrá especial cuidado en su fijación y rigidización.

El desencofrado se realizará únicamente con la autorización del Ingeniero Fiscalizador, una vez que el hormigón haya alcanzado la resistencia suficiente para mantenerse estable por sí mismo. La remoción se ejecutará de forma cuidadosa y progresiva, evitando golpes, esfuerzos indebidos o daños en las aristas y superficies del elemento fundido. El desencofrado se efectuará tan pronto como sea técnicamente factible, permitiendo la pronta aplicación de curado o sellado del hormigón y la reparación oportuna de eventuales imperfecciones superficiales.

- **Medición y forma de pago**

El encofrado y desencofrado de madera se medirá en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), correspondientes a la superficie de hormigón que haya estado en contacto directo con las formas al momento del vaciado.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, el cual incluye materiales, mano de obra, equipos, herramienta menor, montaje, desmontaje y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro. El Constructor podrá sustituir los materiales de encofrado por otros de mayor resistencia, sin costo adicional, siempre que se mantenga o mejore la especificación y cuente con la aprobación del Ingeniero Fiscalizador.

**RUBRO 3.20. S. C. ACERO DE REFUERZO  $f_y = 4\ 200\ \text{kg/cm}^2$** 

**Unidad:** kilogramo (kg)

**Descripción**

Este rubro comprende el suministro, transporte interno, corte, figurado, colocación y fijación del acero de refuerzo en barras, destinado a elementos estructurales y no estructurales del sistema de drenaje pluvial, tales como pozos de revisión, sumideros, replantillos estructurales

Incluye todas las actividades necesarias para garantizar que el acero sea colocado en la posición, cantidad, forma, traslape y recubrimientos indicados en los planos estructurales y/o dispuestos por el Ingeniero Fiscalizador, asegurando el correcto comportamiento resistente de las estructuras.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de la mano de obra), para manipulación, amarre y ajuste del acero.

Amoladora eléctrica, para el corte y figurado de barras.

Acero de refuerzo corrugado,  $f_y = 4\ 200\ \text{kg/cm}^2$ , grado 60.

Alambre galvanizado N° 18, para amarre de barras.

Discos de corte para metal.

- **Procedimiento de trabajo**

Previo a la colocación del acero de refuerzo, se verificará que los planos estructurales, planillas de acero y detalles constructivos correspondan a la obra a ejecutar y cuenten con la aprobación del Ingeniero Fiscalizador. El acero a utilizar deberá ser nuevo, proveniente de fábrica certificada, y cumplir con las normas ASTM A615 o ASTM A617, según corresponda.

Las barras de acero serán almacenadas en obra sobre superficies elevadas, protegidas de la humedad excesiva, tierra o agentes contaminantes. Antes de su colocación, las varillas

deberán ser limpiadas de óxido suelto, polvo, grasa u otras sustancias que puedan afectar la adherencia con el hormigón. El corte y figurado de las barras se realizará conforme a las dimensiones, longitudes, ganchos y radios indicados en los planos. Se pondrá especial cuidado en optimizar el uso de las longitudes comerciales, reduciendo desperdicios y respetando los traslapes mínimos especificados. No se permitirá el enderezado de barras previamente dobladas ni el uso de acero dañado o deformado.

Las varillas serán colocadas exactamente en su posición final, manteniendo las separaciones centro a centro, recubrimientos y alineaciones establecidas en el diseño. Para asegurar su correcta ubicación durante el vaciado del hormigón, se emplearán separadores, calces o soportes adecuados, preferiblemente metálicos o de hormigón simple, que no sufran desplazamientos durante la colocación y vibrado del hormigón.

El amarre del acero se realizará con alambre galvanizado, asegurando la rigidez del conjunto sin producir desplazamientos ni deformaciones. Durante el proceso, se verificará continuamente que el acero permanezca en su posición correcta hasta el inicio del vaciado del hormigón. Cuando el Ingeniero Fiscalizador lo solicite, el Constructor deberá presentar los certificados de calidad del acero o someter el material a ensayos mecánicos que garanticen el cumplimiento de las propiedades mecánicas especificadas.

- **Medición y forma de pago**

El suministro y colocación de acero de refuerzo se medirá en kilogramos (kg), con aproximación a la décima, de acuerdo con la cantidad de acero efectivamente colocado y aprobado en obra.

La cuantificación se realizará con base en las planillas de acero de los planos estructurales, verificando diámetros, longitudes, número de barras y traslapes ejecutados. No se reconocerá para fines de pago el acero colocado fuera de los planos, ni aquel que haya sido rechazado por la Fiscalización.

El pago se efectuará al precio unitario establecido en el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, el cual incluye el suministro del acero, mano de obra, equipos, herramienta menor, corte, figurado, colocación, amarre, desperdicios normales y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro.

## **RUBRO 4.1. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RETENCIÓN TIPO AQUACELL (7.2 × 6.6 × 0.80 m)**

**Unidad:** unidad (u)

- **Descripción**

Este rubro comprende el suministro e instalación del sistema modular de retención de aguas lluvias tipo Aquacell NG, conformado por celdas estructurales de polipropileno de alta resistencia, destinado al almacenamiento temporal y control hidráulico de escorrentías pluviales dentro del sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS).

Incluye el armado del tanque modular conforme a las dimensiones de diseño 7.2 m × 6.6 m × 0.80 m, garantizando la capacidad de almacenamiento requerida, la estabilidad estructural del conjunto y su correcta integración con los sistemas de confinamiento, impermeabilización, ventilación y conexión hidráulica.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de M.O.)

Aquacell NG unidad base

Aquacell NG tapa lateral

Aquacell NG tapa de fondo

- **Procedimiento de trabajo**

Previo a la instalación, se verificará que la excavación del tanque se encuentre ejecutada conforme a las dimensiones, cotas y niveles establecidos en el proyecto aprobado. El fondo deberá estar limpio, nivelado y con la capa de apoyo correspondiente ya ejecutada.

Las celdas Aquacell NG se instalarán manualmente, ensamblándose entre sí mediante su sistema de encaje estructural, asegurando la correcta alineación horizontal y vertical del

módulo. La instalación se realizará por capas, verificando que cada nivel quede perfectamente nivelado antes de colocar el siguiente, hasta alcanzar la altura total del tanque.

Se instalarán las tapas de fondo y tapas laterales según la configuración estructural del tanque, garantizando la correcta distribución de cargas y el confinamiento lateral del sistema. Durante el armado se controlará que no existan deformaciones, holguras ni piezas dañadas.

El montaje del sistema se ejecutará conforme a las recomendaciones técnicas del fabricante, asegurando una correcta transmisión de cargas al suelo y la estabilidad del sistema durante su vida útil.

- **Medición y forma de pago**

Este rubro se medirá por unidad (u) de sistema Aquacell completamente instalado y aprobado en obra.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el APU correspondiente, el cual incluye suministro de materiales, mano de obra, equipos y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del rubro.

## **RUBRO 4.2. SISTEMA DE CONEXIÓN HIDRÁULICA DE CELDAS AQUACELL A LA RED PRINCIPAL**

**Unidad:** unidad (u)

- **Descripción**

Este rubro comprende la ejecución del **sistema de conexión hidráulica** entre el tanque de retención Aquacell y la red principal de drenaje pluvial, permitiendo el ingreso, salida y control del flujo de aguas lluvias conforme al diseño hidráulico aprobado.

Incluye la provisión e instalación de tuberías, conectores, adaptadores y accesorios necesarios para garantizar una conexión estanca, segura y funcional.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de M.O.)

Adaptador conector Aquacell 355 mm

Aquacell NG conector TB (200–315 mm)

Reducción excéntrica 315 × 250 mm

Tuberías Novafort S8 (diámetros de diseño)

Uniones y sellos elastoméricos

Lubricante para unión de tuberías

- **Procedimiento de trabajo**

Las conexiones hidráulicas se ejecutarán una vez finalizado el armado del sistema Aquacell. Se procederá a realizar las perforaciones controladas en las celdas o tapas correspondientes, respetando las ubicaciones y diámetros definidos en los planos hidráulicos.

Los conectores y adaptadores se instalarán asegurando un ajuste firme y estanco, utilizando sellos elastoméricos y lubricantes recomendados por el fabricante. Las tuberías se

alinearán correctamente, manteniendo pendientes, cotas y direcciones establecidas en el proyecto.

Se verificará que las conexiones no generen puntos de restricción hidráulica, pérdidas de carga excesivas ni fugas. Antes del relleno del sistema, se realizará una inspección visual completa de las conexiones ejecutadas.

- **Medición y forma de pago**

La conexión hidráulica se medirá por **unidad (u)** de sistema completamente instalado y aprobado. El precio unitario incluye todos los materiales, mano de obra, equipos y accesorios necesarios para su correcta ejecución.

### **RUBRO 4.3. SISTEMA DE CONFINAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN DE CELDA AQUACELL**

**Unidad:** metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

- **Descripción**

Este rubro comprende la ejecución del sistema de confinamiento e impermeabilización del tanque Aquacell, mediante la colocación de geotextil y geomembrana, garantizando la estanqueidad del sistema y evitando infiltraciones no controladas o pérdidas de volumen almacenado.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de M.O.)

Geotextil NT 2500

Geomembrana 30 mils

- **Procedimiento de trabajo**

El sistema de impermeabilización se ejecutará una vez finalizado el armado del tanque Aquacell. En primer lugar, se colocará el geotextil de protección, cubriendo completamente el fondo, laterales y parte superior del sistema, evitando daños mecánicos a la geomembrana.

Posteriormente, se instalará la geomembrana de 30 mils, asegurando traslapes mínimos conforme a las especificaciones del fabricante. Las uniones se realizarán mediante soldadura térmica o método aprobado, garantizando continuidad y estanqueidad.

La geomembrana se adaptará cuidadosamente a la geometría del tanque, evitando pliegues excesivos o tensiones que puedan comprometer su desempeño. Antes del cierre del sistema, se realizará una inspección completa de la impermeabilización.

- **Medición y forma de pago**

El rubro se medirá por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) efectivamente instalado y aprobado.

El pago incluye suministro de materiales, instalación, equipos y mano de obra necesaria.

#### **RUBRO 4.4. SISTEMA DE VENTILACIÓN Y ALIVIO DEL TANQUE AQUACELL**

**Unidad:** unidad (u)

- **Descripción**

Este rubro comprende la ejecución del sistema de ventilación y alivio del tanque Aquacell, destinado a permitir el ingreso y salida controlada de aire durante los ciclos de llenado y vaciado, evitando sobrepresiones o vacíos que afecten la integridad estructural del sistema.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de M.O.)

Tubería sanitaria PVC Ø 4"

Codos PVC 90°

Soldadura y limpiador para PVC

- **Procedimiento de trabajo**

El sistema de ventilación se instalará conforme al diseño hidráulico, ubicando los puntos de ventilación en las zonas superiores del tanque. La tubería se conectará mediante uniones soldadas, garantizando continuidad y estanqueidad.

Se verificará que la ventilación no interfiera con el funcionamiento hidráulico del tanque y que su ubicación permita un correcto intercambio de aire durante la operación del sistema.

- **Medición y forma de pago**

Se medirá por unidad (u) de sistema de ventilación instalado y aprobado.

El precio unitario incluye materiales, mano de obra y equipos.

**RUBRO 4.5. SISTEMA DE INSPECCIÓN Y ACCESO AL TANQUE AQUACELL**

**Unidad:** unidad (u)

**Descripción**

Este rubro comprende la ejecución del sistema de inspección y acceso al tanque Aquacell, permitiendo el ingreso para labores de revisión, limpieza y mantenimiento preventivo del sistema.

- **Equipo mínimo y materiales**

Herramienta menor (5 % de M.O.)

Aro tapa PP caja 400 pesada

- **Procedimiento de trabajo**

El acceso se instalará en los puntos definidos en planos, asegurando una conexión estanca con la estructura del tanque. La tapa deberá quedar a nivel del terreno terminado o conforme a lo indicado por el proyecto.

Se verificará la correcta fijación del sistema, su hermeticidad y facilidad de acceso para mantenimiento.

- **Medición y forma de pago**

Este rubro se medirá por unidad (u) instalada y aprobada.

El pago incluye todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios.

# **ANEXO C: APUS Y ESPECIFICACIÓN DE CÁLCULO**

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 1.1 **HOJA** 1/  
**DESCRIPCIÓN** REPLANTEO Y NIVELACIÓN **UNIDAD** KM

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.09
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.09</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
CADENERO	2.00	4.34	8.68	0.10	0.87
PEÓN	2.00	4.39	8.78	0.10	0.88
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.25	4.87	1.22	0.10	0.12
					0.00
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.87</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
ESTACAS	U	100.00	0.83	83.00
CLAVOS	KG	20.00	2.72	54.40
PINTURA ESMALTE	GAL	0.40	15.83	6.33
CINTA PRECAUCION S-1053 50M AMARILLA HUNTER-SEGURID	M	20.00	1.62	32.40
MOJONES TOPOGRÁFICOS	U	1.50	9.78	14.67
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>190.80</b>

<b>TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)</b>	<b>192.76</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>28.91</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>221.68</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>221.68</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 2.1. **HOJA** 2/  
**DESCRIPCIÓN** EXCAVACIÓN EN ZANJA CON MANIQUINARIA - PROFUNDIDAD DE 0.00 A 4.00m (SUELO SIN CLASIFICAR) **UNIDAD** M3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.08
RETROEXCAVADORA Caterpillar 416E	1.00	20.72	20.72	0.16	3.32
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>3.40</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
OPERADOR RETROEXCAVADORA	1.00	4.87	4.87	0.16	0.78
PEÓN	1.00	4.39	4.39	0.16	0.70
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.16	0.16
					0.00
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.64</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)</b>	<b>5.03</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>0.76</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>5.79</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>5.79</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 2.2 **HOJA** 3/  
**DESCRIPCIÓN** EXCAVACION EN ZANJA CON MAQUINARIA - PROFUNDIDAD > 4.00m (SUELO SIN CLASIFICAR) **UNIDAD** M3

EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)						0.09
EXCAVADORA Caterpillar 320 CL	1.00		45.00	45.00	0.18	8.06
<b>SUBTOTAL M</b>						<b>8.15</b>

MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD	A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
OPERADOR EXCAVADORA	1.00		4.87	4.87	0.18	0.87
PEÓN	1.00		4.39	4.39	0.18	0.79
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20		4.87	0.97	0.18	0.17
						0.00
<b>SUBTOTAL N</b>						<b>1.83</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.00</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>9.98</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>1.50</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>11.48</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>11.48</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 2.3 **HOJA** 4/  
**DESCRIPCIÓN** EXCAVACIÓN EN ZANJA MANUAL - PROFUNDIDAD DE 0.00 A 2.00m (SUELO SIN CLASIFICAR) **UNIDAD** M3

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	A	TARIFA	B	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
					C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)							0.39
							0.00
<b>SUBTOTAL M</b>							<b>0.39</b>

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD	A	JORNAL/HR	B	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
					C=A*B	R	D=C*R
PEÓN	2.00		4.39		8.78	0.80	7.02
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20		4.87		0.97	0.80	0.78
							0.00
<b>SUBTOTAL N</b>							<b>7.80</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
		A	B	C=A*B
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.00</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>8.19</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>1.23</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>9.42</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>9.42</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 2.4 **HOJA** 5/  
**DESCRIPCIÓN** DESALOJO CON MAQUINARIA (RETROEXCAVADORA + VOLQUETA) HASTA 10km **UNIDAD** M3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.04
RETROEXCAVADORA Caterpillar 416E	1.00	20.72	20.72	0.05	0.95
Volquetas Hyundai HD270 (14.50 m3)	1.00	35.00	35.00	0.05	1.61
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>2.60</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
OPERADOR RETROEXCAVADORA	1.00	4.87	4.87	0.05	0.22
PEÓN	1.00	4.39	4.39	0.05	0.20
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.05	0.02
CHOFER: VOLQUETAS	1.00	6.38	6.38	0.05	0.29
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.74</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>3.34</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>0.50</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>3.84</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>3.84</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 2.5 **HOJA** 6/

**DESCRIPCIÓN** RELLENO COMPACTADO DE ZANJA EN CAPAS MÁXIMAS DE 20CM **UNIDAD** M3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.08
Plancha Compactadora Sc-90 Honda 5.5 Hp	1.00	30.00	30.00	0.18	5.37
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>5.45</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1.00	4.87	4.39	0.18	0.79
PEÓN	1.00	4.39	4.39	0.18	0.79
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.18	0.09
					0.00
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.67</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
AGUA	M3	0.10	0.61	0.06
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.06</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>7.18</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>1.08</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>8.26</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>8.26</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 2.6 **HOJA** 6/  
**DESCRIPCIÓN** CAMA DE ARENA PARA APOYO DE TUBERÍA (e = 10–15 cm) **UNIDAD** M3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.05
					0.00
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.05</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEÓN	2.00	4.39	8.78	0.11	0.97
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.11	0.11
					0.00
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.08</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
ARENA DE RIO GRUESA	M3	1.00	8.87	8.87
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>8.87</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>10.01</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>1.50</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>11.51</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>11.51</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.1 **HOJA** 6/

**DESCRIPCIÓN** ENTIBADO DE ZANJA CON TABLIESTACA METÁLICA **UNIDAD** M2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.19
RETROEXCAVADORA Caterpillar 416E	0.20	20.72	4.14	0.10	0.41
SOLDADORA	0.70	3.10	2.17	0.10	0.22
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.82</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
MAESTRO SOLDADOR	1.00	4.87	4.87	0.20	0.97
OPERADOR RETROEXCAVADORA	1.00	4.87	4.87	0.20	0.97
SOLDADOR EN CONSTRUCCIÓN	2.00	4.46	8.92	0.20	1.78
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>3.73</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
ACERO ESTRUCTURAL	KG	8.00	1.34	10.72
PERFIL DE CORREAS, TUBOS, ETC. INCLUYE TRANSPORTE	KG	0.50	3.50	1.75
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>12.47</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>17.02</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>2.55</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>19.57</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>19.57</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**CÓDIGO** 3.2 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 250 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.05
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.05</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.11	0.11
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.11	0.49
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.11	0.48
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.08</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 250mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	114.45	19.11
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>23.07</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>24.20</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>3.63</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>27.83</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>27.83</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.3 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 300 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.06
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.06</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.13	0.13
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.13	0.57
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.13	0.56
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.26</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 300mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	174.88	29.20
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>33.16</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>34.48</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>5.17</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>39.66</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>39.66</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.4 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 360 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 360mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167		0.00
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>3.95</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>5.41</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>0.81</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>6.22</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>6.22</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.5 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 400 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 400mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	286.32	47.82
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>51.77</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>53.23</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>7.98</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>61.21</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>61.21</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.6 **HOJA** 9/  
**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 500 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 500mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	431.56	72.07
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>76.02</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>77.48</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>11.62</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>89.10</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>89.10</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.7 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 600 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 600mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	669.13	111.74
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>115.70</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>117.16</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>17.57</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>134.73</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>134.73</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.8 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 700 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 700mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	884.90	147.78
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>151.73</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>153.19</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>22.98</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>176.17</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>176.17</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.9 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 800 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 800mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	1,240.73	207.20
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>211.16</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>212.61</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>31.89</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>244.50</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>244.50</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.10 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 900 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 900mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	1,500.09	250.52
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>254.47</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>255.93</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>38.39</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>294.31</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>294.31</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.11 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 1000 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 1000mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	1,614.90	269.69
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>273.64</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>275.10</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>41.26</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>316.36</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>316.36</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.12 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. TUBERÍA PVC CORRUGADA DOBLE PARED DN 1100 mm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.14	0.14
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.14	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.39</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TUBO PVC NOVAFORT PLUS 1100mmx6m S5 PLASTIGAMA BP	M	0.167	1,783.60	297.86
ADHESIVO P/TUBO NOVAFORT	L	0.15	26.36	3.95
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>301.82</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>303.27</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>45.49</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>348.76</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>348.76</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.13 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. POZO REVISION  
h=0.80-2m f<sub>c</sub>=180kg/cm<sup>2</sup>  
D<sub>int</sub>=0.9m PARED 20cm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.16
CONCRETERA 1 SACO	1.00	3.80	3.80	3.00	11.40
VIBRADOR	0.50	2.53	1.27	3.00	3.80
ENCOFRADO METÁLICO SY 2C	1.00	8.15	8.15	3.00	24.45
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>39.80</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.14	0.07
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
ALBAÑIL	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEON	3.00	4.34	13.02	0.14	1.86
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>3.19</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
CEMENTO	KG	489.625	0.15	73.44
AGUA	M3	0.356	0.61	0.22
RIPIO TRITURADO	M3	0.890	11.03	9.82
ARENA LAVADA	M3	1.602	12.24	19.61
DESMOLDANTE	KG	0.83	0.11	0.09
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>103.18</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>146.17</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>21.93</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>168.09</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>168.09</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.14 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. POZO REVISION  
h=2.01-3m  $f_c=180\text{kg/cm}^2$   
Dint=0.9m PARED 20cm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.16
CONCRETERA 1 SACO	1.00	3.80	3.80	3.00	11.40
VIBRADOR	0.50	2.53	1.27	3.00	3.80
ENCOFRADO METÁLICO SY 2C	1.00	8.15	8.15	3.00	24.45
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>39.80</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.14	0.07
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
ALBAÑIL	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEON	3.00	4.34	13.02	0.14	1.86
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>3.19</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
CEMENTO	KG	679.687	0.15	101.95
AGUA	M3	0.494	0.61	0.30
RIPIO TRITURADO	M3	2.224	11.03	24.53
ARENA LAVADA	M3	1.236	12.24	15.13
DESMOLDANTE	KG	0.88	0.11	0.10
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>142.01</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>185.00</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>27.75</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>212.75</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>212.75</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.15 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. POZO REVISION  
h=3.01-4m f<sub>c</sub>=180kg/cm<sup>2</sup>  
D<sub>int</sub>=0.9m PARED 20cm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.16
CONCRETERA 1 SACO	1.00	3.80	3.80	3.00	11.40
VIBRADOR	0.50	2.53	1.27	3.00	3.80
ENCOFRADO METÁLICO SY 2C	1.00	8.15	8.15	3.00	24.45
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>39.80</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.14	0.07
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
ALBAÑIL	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEON	3.00	4.34	13.02	0.14	1.86
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>3.19</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
CEMENTO	KG	869.748	0.15	130.46
AGUA	M3	0.633	0.61	0.39
RIPIO TRITURADO	M3	1.581	11.03	17.44
ARENA LAVADA	M3	2.846	12.24	34.84
DESMOLDANTE	KG	1.17	0.11	0.13
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>183.25</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>226.24</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>33.94</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>260.18</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>260.18</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.16 **HOJA** 9/  
**DESCRIPCIÓN** S. C. POZO REVISION  
h=4.01 y mayor a 5m  
f'c=210kg/cm2 Dint=1.2m  
PARED 30cm **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.16
CONCRETERA 1 SACO	1.00	3.80	3.80	3.00	11.40
VIBRADOR	0.50	2.53	1.27	3.00	3.80
ENCOFRADO METÁLICO SY 2C	1.00	8.15	8.15	3.00	24.45
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>39.80</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.14	0.07
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
ALBAÑIL	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
PEON	3.00	4.34	13.02	0.14	1.86
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>3.19</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
CEMENTO	KG	2,506.176	0.15	375.93
AGUA	M3	1.331	0.61	0.81
RIPIO TRITURADO	M3	7.049	11.03	77.75
ARENA LAVADA	M3	4.073	12.24	49.85
DESMOLDANTE	KG	1.58	0.11	0.17
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>504.52</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>547.51</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>82.13</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>629.63</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>629.63</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**CÓDIGO** 3.17 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. SUMIDERO INCLUIDO REJILLA H. N **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.07
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.10	0.05
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.10	0.44
PEON	2.00	4.34	8.68	0.10	0.87
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.36</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
REJILLA HN INC, LOGOTIPO	UNIDAD	1.000	138.92	138.92
TUBO PVC DNI 200MM	M	0.167	9.27	1.55
SIFON	UNIDAD	1.000	10.12	10.12
CEMENTO	KG	6.000	0.15	0.90
ARENA LAVADA	M3	0.010	12.22	0.12
AGUA	M3	0.050	0.61	0.03
PEGA PARA TUBERÍA PVC	CC	0.50	0.01	0.01
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>151.64</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>153.07</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>22.96</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>176.03</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>176.03</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.18 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE  $f_c=180$  kg/cm<sup>2</sup> **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.19
CONCRETERA 1 SACO	1.00	3.80	3.80	3.00	11.40
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>11.59</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.14	0.07
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1.00	4.39	4.39	0.14	0.63
ALBAÑIL	2.00	4.39	8.78	0.14	1.26
PEON	3.00	4.34	13.02	0.14	1.86
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>3.81</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
CEMENTO	KG	335.000	0.15	50.25
AGUA	M3	0.240	0.61	0.15
RIPIO TRITURADO	M3	0.950	11.03	10.48
ARENA LAVADA	M3	0.650	12.24	7.96
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>68.83</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>84.24</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>12.64</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>96.87</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>96.87</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**CÓDIGO** 3.19 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (MADERA) **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.04
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.04</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.10	0.05
CARPINTERO	0.50	4.39	2.20	0.10	0.22
PEON	1.00	4.34	4.34	0.10	0.43
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.70</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TABLA ENC 2.40X0.30M	UNIDAD	1.390	2.55	3.54
CLAVOS 2 1/2"	KG	0.400	1.75	0.70
ALFAJIA EUCALIPTO 5X5X250	UNIDAD	0.400	2.15	0.86
ALAMBRE GALVANIZADO #18	KG	0.104	1.82	0.19
DESMOLDANTE	KG	0.130	0.11	0.01
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>5.31</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>6.05</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>0.91</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>6.95</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>6.95</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 3.20 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** S. C. ACERO DE REFUERZO  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> **UNIDAD** M

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.05
AMOLADORA ELÉCTRICA	1.00	1.16	1.16	0.06	0.07
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.12</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.10	4.87	0.49	0.10	0.05
FIERREERO	1.00	4.39	4.39	0.10	0.44
PEON	1.00	4.34	4.34	0.10	0.43
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.92</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
ACERO DE REFUERZO	KG	1.000	1.10	1.10
ALAMBRE GALVANIZADO #18	KG	0.050	1.82	0.09
DISCO PARA METAL	UNIDAD	0.010	2.50	0.03
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>1.22</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>2.25</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>0.34</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>2.59</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>2.59</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 4.1. **HOJA** 9/  
**DESCRIPCIÓN** SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RETENCIÓN TIPO AQUACELL (7.2X6.6X0.80M) **UNIDAD** UN

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.04
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.04</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.05	0.05
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.05	0.22
PEÓN	2.00	4.34	8.68	0.05	0.43
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.70</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
AQUACELL NG UNIDAD BASE	UNIDAD	132.000	93.44	12,334.08
AQUACELL NG TAPA LATERAL	UNIDAD	46.00	31.16	1,433.36
AQUACELL NG TAPA DE FONDO	UNIDAD	66.00	39.21	2,587.86
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>16,355.30</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>16,356.04</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>2,453.41</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>18,809.44</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>18,809.44</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**CÓDIGO** 4.2 **HOJA** 9/  
**DESCRIPCIÓN** SISTEMA DE CONEXIÓN  
 HIDRÁULICA DE CELDAS  
 AQUACELL A LA RED  
 PRINCIPAL **UNIDAD** UN

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.04
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.04</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.05	0.05
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.05	0.22
PEÓN	2.00	4.34	8.68	0.05	0.43
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.70</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
ADAPTADOR CONECTOR AQUACELL 355MM	UNIDAD	2.000	193.52	387.04
TB ALC NOVAFORT S8 355MM (14) 6M	UNIDAD	1.00	323.27	323.27
HIDROSEL NOVAFORT PLUS 355MM (14)	UNIDAD	1.00	10.13	10.13
AQUACELL NG CONECTOR TB (200MM-315MM)	UNIDAD	3.00	62.31	186.93
REDUCCIÓN CÁMARA EXC 315x250	UNIDAD	2.00	27.49	54.98
UNIÓN ALC 315 MM (12) NOVAFORT	UNIDAD	2.00	85.41	170.82
HIDROSEL NOVAFORT 315MM (12)	UNIDAD	4.00	9.65	38.60
TB ALC NOVAFORT S8 250MM (10) 6M	UNIDAD	1.00	150.00	150.00
TB ALC NOVAFORT S8 315MM (12) 6M	UNIDAD	1.00	215.79	215.79
LUBRICANTE P/UNIÓN 500GR UM - 12UN	UNIDAD	1.00	7.76	7.76
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>907.37</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
SUBTOTAL P				0

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	908.11
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%	136.22
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	1,044.32
VALOR OFERTADO	1,044.32

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 4.3 **HOJA** 9/  
**DESCRIPCIÓN** SISTEMA DE CONFINAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN DE CELDA AQUACELL **UNIDAD** M2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.04
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.04</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.05	0.05
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.05	0.22
PEÓN	2.00	4.34	8.68	0.05	0.43
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.70</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
GEOMEMBRANA 30 MILS	UNIDAD	154.000	4.63	713.02
GEOTEXTIL NT 2500	UNIDAD	308.00	2.48	763.84
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>1,476.86</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>1,477.60</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>221.64</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>1,699.24</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>1,699.24</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**CÓDIGO** 4.4 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** SISTEMA DE VENTILACIÓN Y ALIVIO DEL TANQUE AQUACELL **UNIDAD** UN

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.04
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.04</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.05	0.05
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.05	0.22
PEÓN	2.00	4.34	8.68	0.05	0.43
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.70</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
TB SAN 4" 6M	UNIDAD	1.000	52.52	52.52
CODO SAN 90° 4" CXC	UNIDAD	2.000	4.47	8.94
SOLDADURA APLIC PVC LOW VOC 1/4 GAL	UNIDAD	1.000	34.25	34.25
LIMPIADOR P/UNIÓN PVC 1/4 GAL	UNIDAD	1.00	16.51	16.51
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>112.22</b>

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>112.96</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>16.94</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>129.90</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>129.90</b>

**PROYECTO:** DISEÑO DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) PARA LA URBANIZACIÓN DE LA ARMADA DEL ECUADOR

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**CÓDIGO** 4.5 **HOJA** 9/

**DESCRIPCIÓN** SISTEMA DE INSPECCIÓN Y ACCESO AL TANQUE AQUACELL **UNIDAD** UN

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)					0.02
					0.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.02</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
M. MAYOR EJEC. DE OBRA CIVIL	0.20	4.87	0.97	0.05	0.05
PLOMERO	1.00	4.39	4.39	0.05	0.22
PEÓN	1.00	4.34	4.34	0.05	0.22
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.49</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
ARO TAPA PP CAJA 400 PESADA	UNIDAD	2.000	113.74	227.48
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>227.48</b>

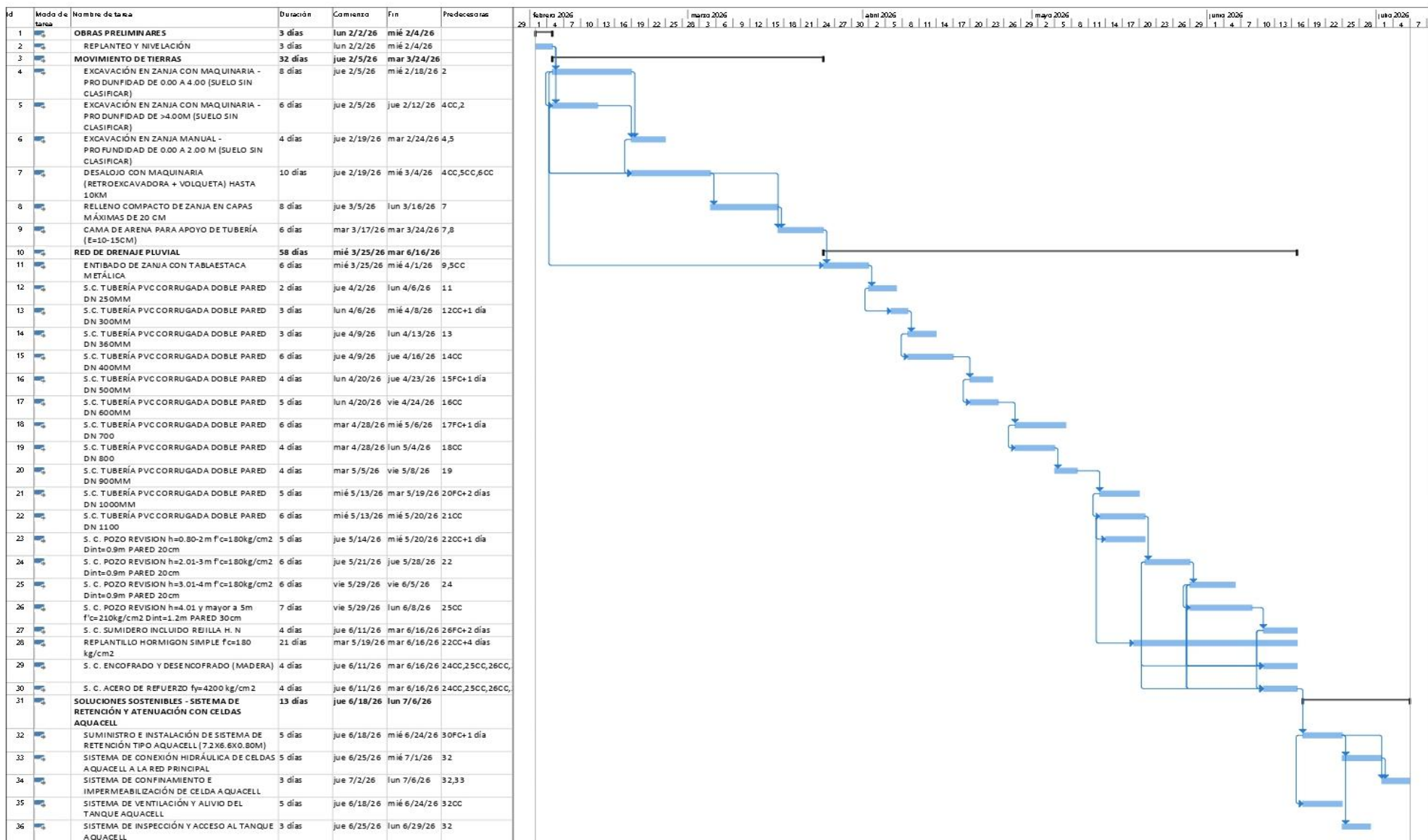
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
				0
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>227.99</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%</b>	<b>34.20</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0.00%</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>262.19</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>262.19</b>

Las cantidades de obra se determinaron a partir de los entregables de diseño (planos, perfiles y modelación hidráulica), aplicando un criterio de medición geométrica y cómputo volumétrico según el tipo de rubro:

- Cantidades lineales (m, km): obtenidas desde Civil 3D mediante el *alineamiento* y las *redes de tuberías* (Pipe Network), reportando longitudes por tramo y sumatoria total.
- Cantidades volumétricas ( $m^3$ ): calculadas con base en la geometría de zanja y capas constructivas (ancho, profundidad, longitud), usando perfiles y secciones de Civil 3D y verificación con hojas de cálculo según el ANEXO A.
- Cantidades superficiales ( $m^2$ ): determinadas por el área de contacto o recubrimiento (por ejemplo, encofrados, entibados, impermeabilización), calculadas desde dimensiones de elementos y/o longitudes por alturas.
- Cantidades unitarias (u, un): se obtuvieron por conteo directo en planos (número de pozos, sumideros, módulos/tanques Aquacell), verificadas con la topología de red y localización de estructuras.

## **ANEXO D: CRONOGRAMA**

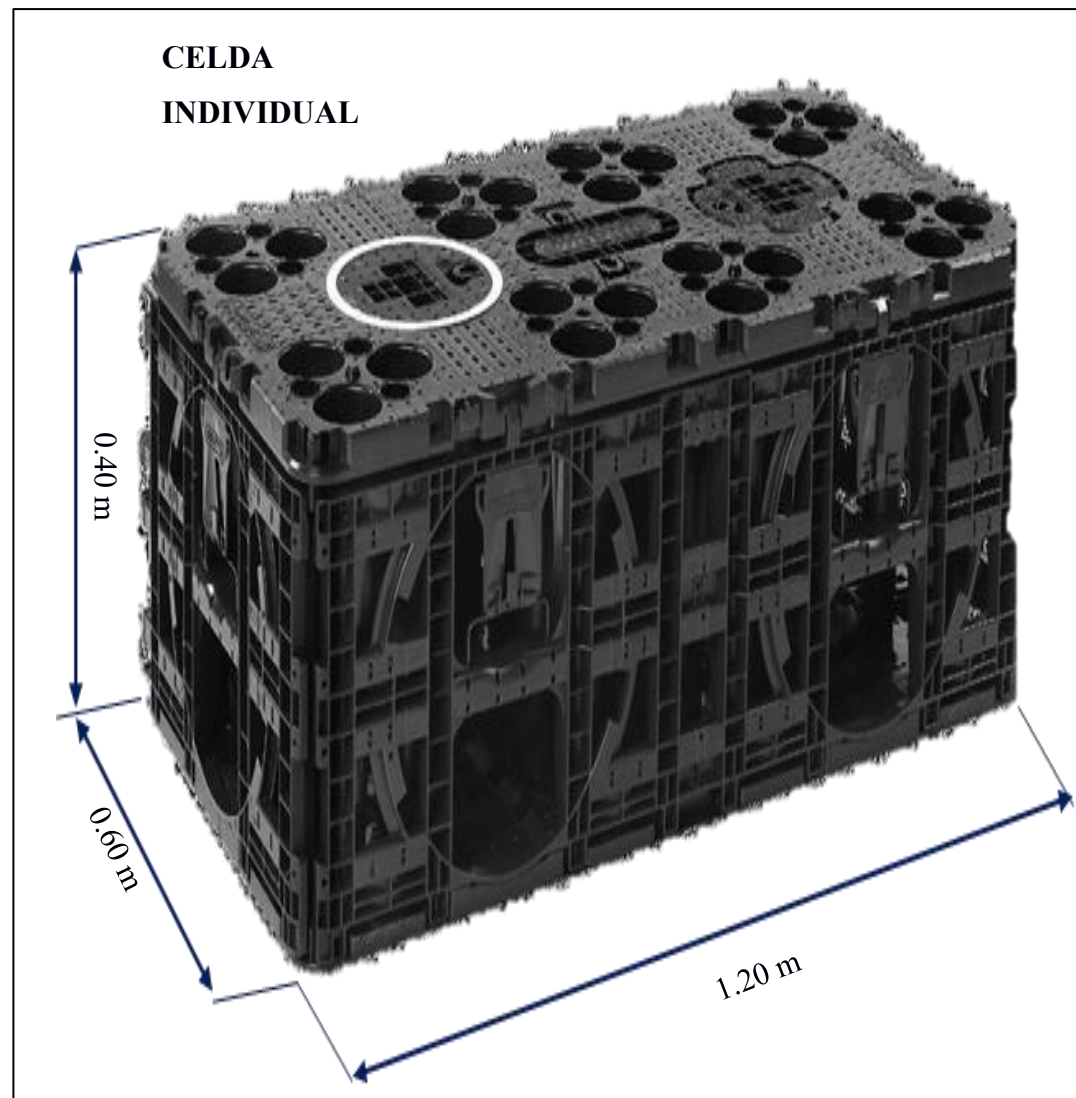
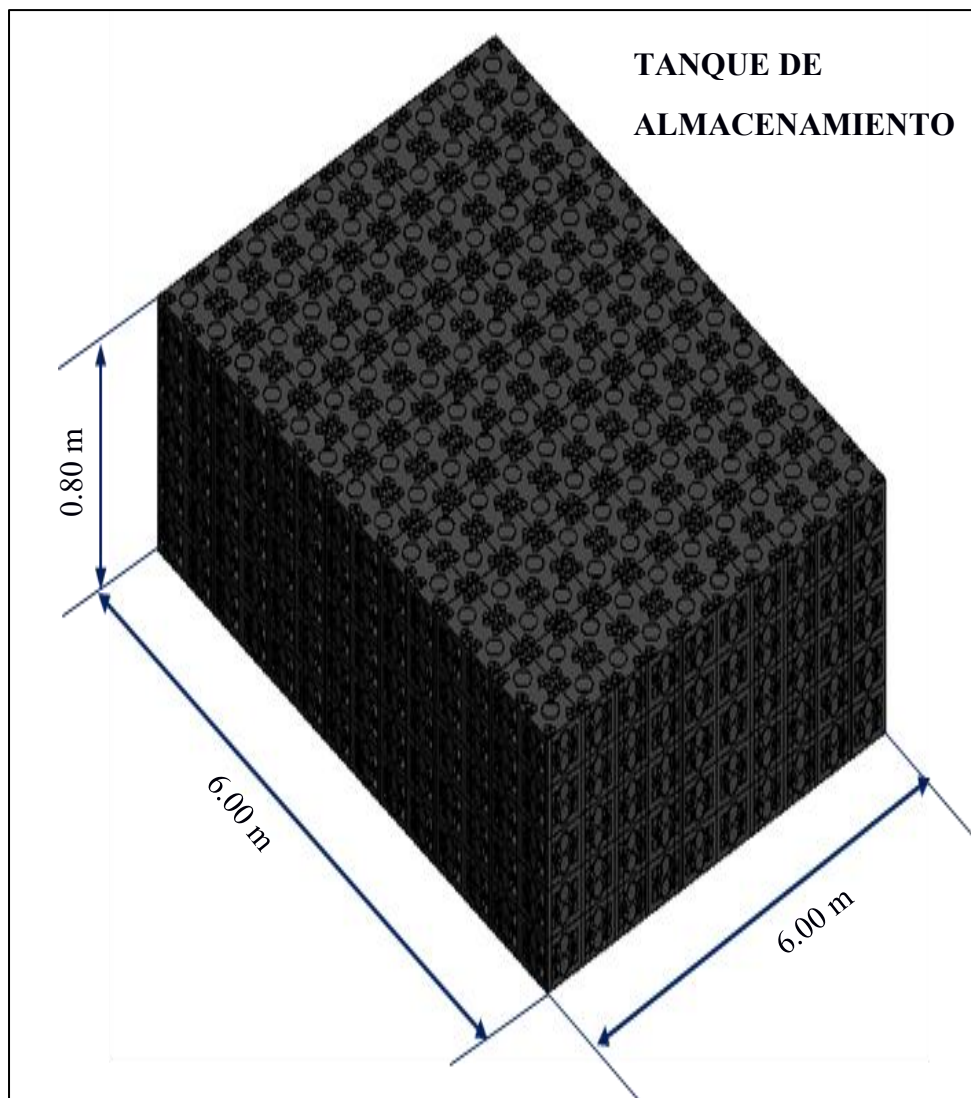


Proyecto: CRONOGRAMA TESIS  
 Fecha: vie 1/23/26

Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite		Progreso	
División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		línea base		Progreso manual	
Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Hito de línea base			
Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito sistema		Resumen de línea base			

Página 1

## **ANEXO E: PLANOS**

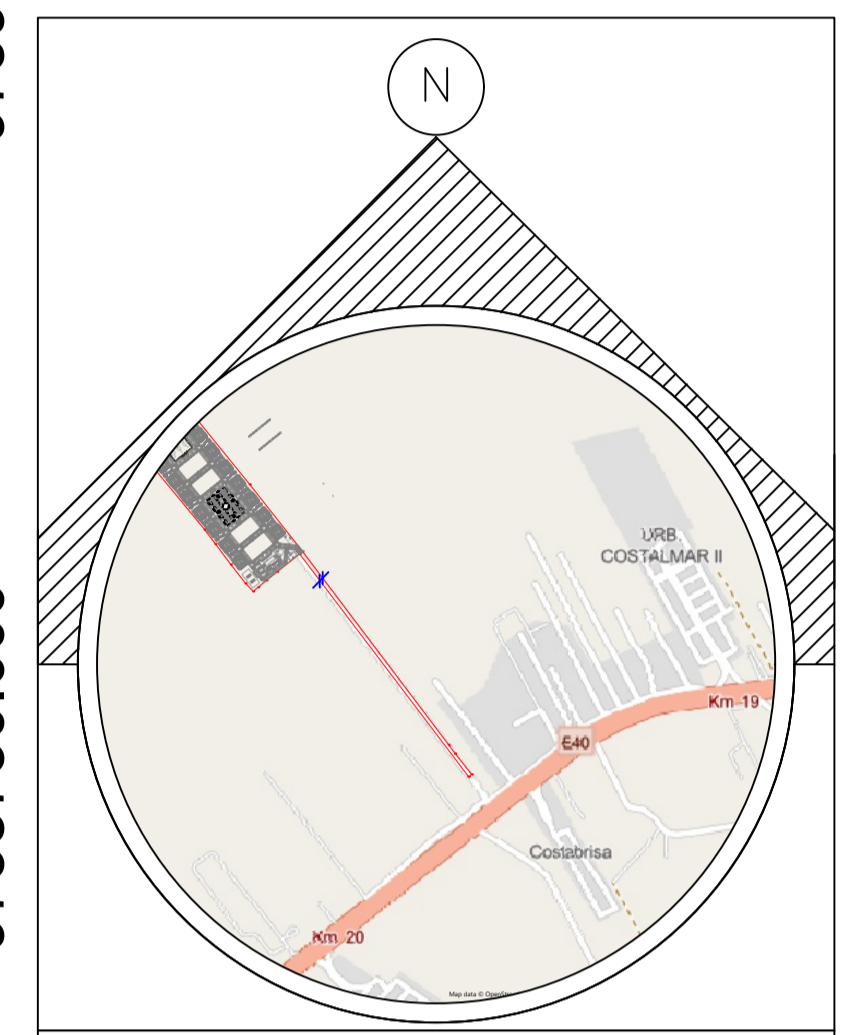
**DETALLE DE AQUACELL**

603500.000 603750.000 604000.000 604250.000 604500.000 604750.000

9759000.000  
9758750.000  
9758500.000  
9758250.000



Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



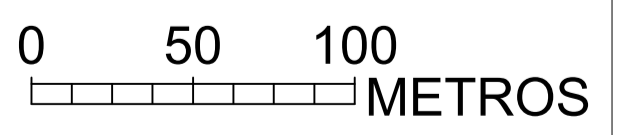
UBICACIÓN

PROVINCIA GUAYAS CANTON GUAYAQUIL PARROQUIA CHONGON

ZONA KM. 20 VIA A LA COSTA

VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1-P2	200.28	53° 39' 17"	603615.18	9758987.56
P2	P2-P3	2080.55	141° 48' 55"	603776.49	9759106.25
P3	P3-P4	12.113137	232° 20' 41"	605062.51	9757471.11
P4	P4-P5	886.36	322° 49' 8"	605052.92	9757463.71
P5	P5-P6	189.39	231° 22' 1"	604517.26	9758169.90
P6	P6-P1	1202.36	141° 8' 4"	604369.38	9758051.71

AREA= 25.06 Has  
PERIMETRO= 4571.05M



OBSERVACIONES:

LEYENDA SISTEMA AALL

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGIA
LIMITES DEL PREDIO	
PREDIO	
PUNTOS DE REFERENCIA	
CURVAS DE NIVEL	
EJE VIAL	

OBRA:

URB. "LOS GIRASOLES"

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

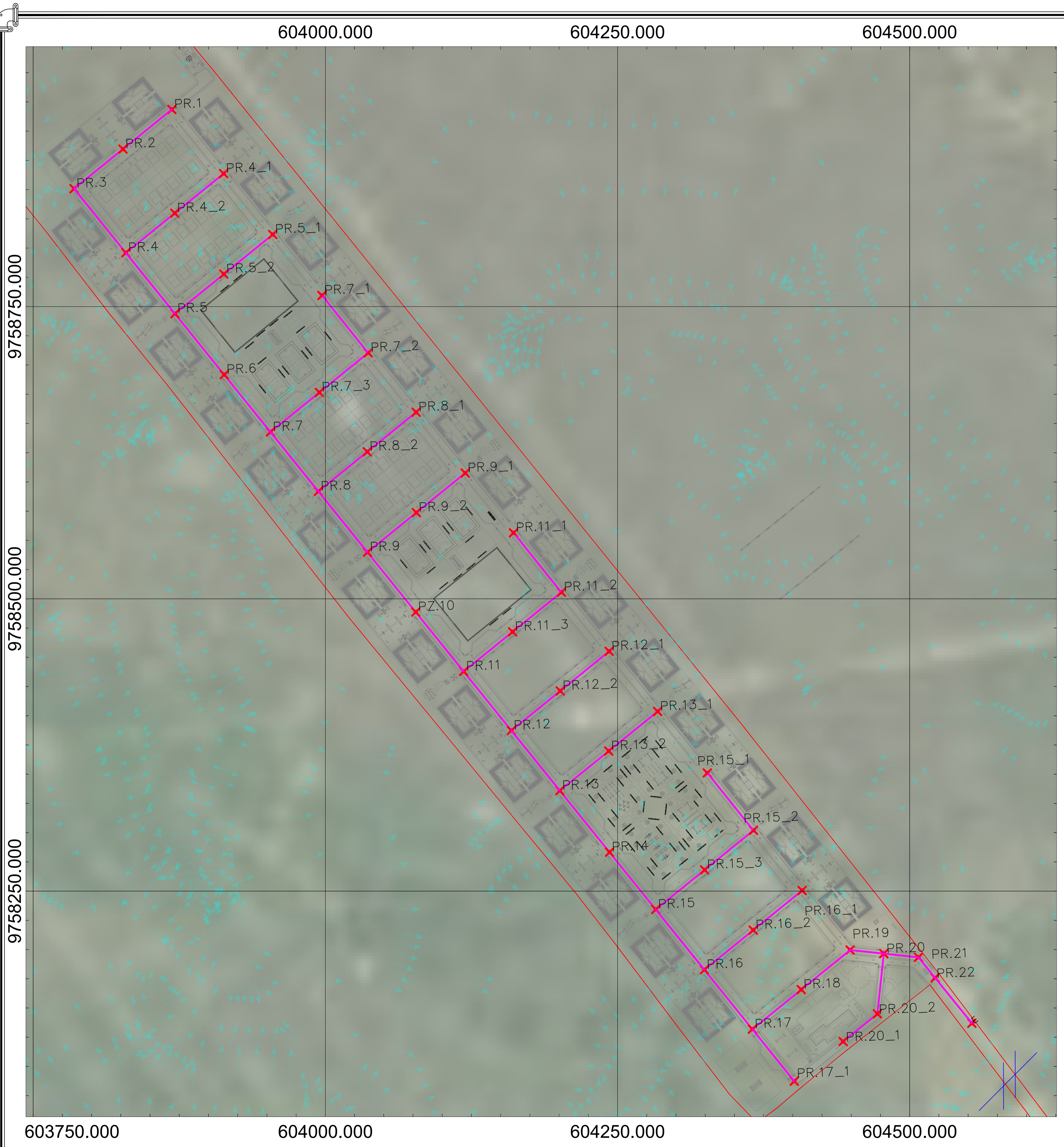
CONTIENE: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL PREDIO

TUTOR A CARGO: MSC. CRISTIAN SALAS	ESTUDIANTE 1: JORDY G. LOOR	ESTUDIANTE: GRACE A. ROSALES
---------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

PROPIETARIO:	ESCALA: INDICADAS	LAMINA: AALL-00
FECHA: ENERO - 2026		

VISTA GENERAL SISTEMA AALL  
Esc. AJUSTADA

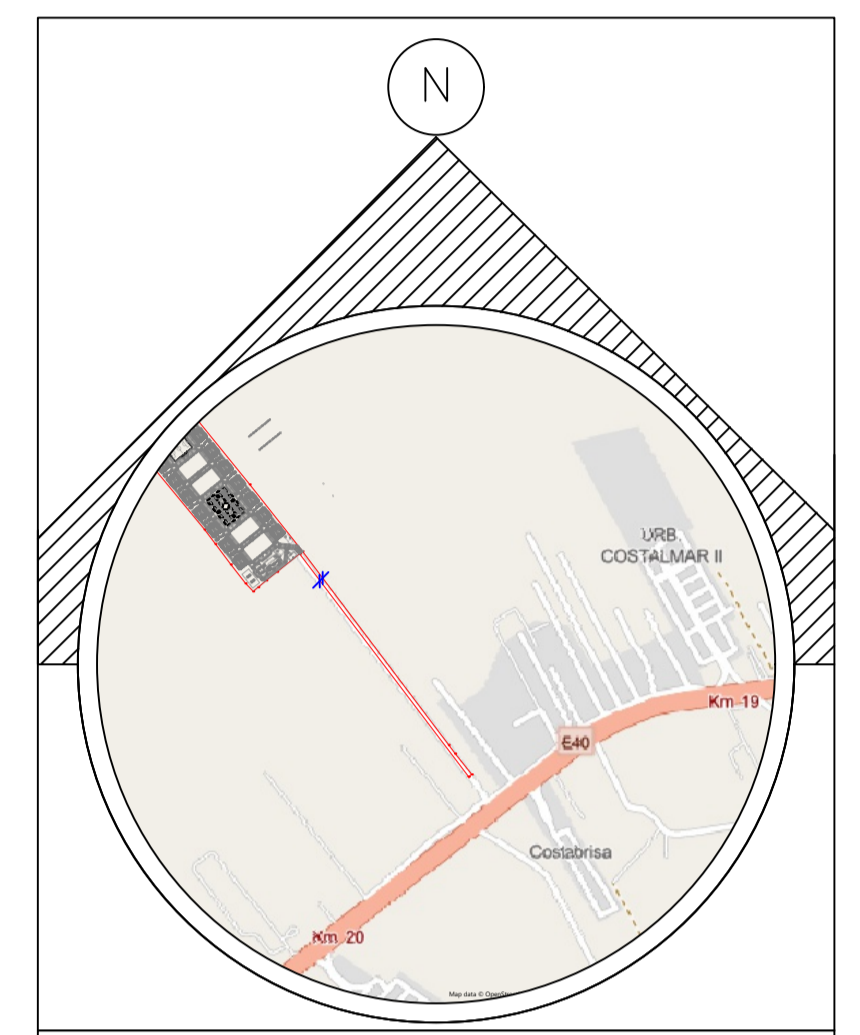
603500.000 603750.000 604000.000 604250.000 604500.000 604750.000



CUADRO DE COORDENADAS			
ID DE POZO	ESTE	NORTE	COTA DE TERRENO
P.R.1	603868.68	9758918.50	52.27
P.R.2	603826.85	9758884.63	52.38
P.R.3	603785.03	9758850.76	50.67
P.R.4	603829.31	9758795.90	49.47
P.R.5	603871.34	9758743.84	46.51
P.R.6	603913.44	9758691.69	40.93
P.R.7	603953.04	9758642.62	35.73
P.R.8	603994.04	9758591.84	29.99
P.R.9	604036.04	9758539.81	28.51
P.R.10	604077.34	9758488.65	25.75
P.R.11	604118.38	9758437.87	24.23
P.R.12	604159.15	9758387.30	23.48
P.R.13	604200.64	9758335.91	23.79
P.R.14	604243.12	9758283.28	20.00
P.R.15	604282.69	9758234.27	20.00
P.R.16	604324.27	9758182.76	20.01
P.R.17	604365.39	9758131.89	20.00
P.R.18	604407.18	9758165.74	20.00
P.R.19	604449.01	9758199.61	20.00
P.R.20	604477.82	9758196.54	20.00
P.R.21	604507.48	9758193.38	20.00
P.R.22	604521.71	9758175.83	20.00
P.R.4 1	603913.00	9758863.68	50.09
P.R.4 2	603871.18	9758829.81	50.28
P.R.5 1	603954.99	9758811.58	47.07
P.R.5 2	603913.16	9758777.70	50.00
P.R.7 1	603997.09	9758759.43	43.90
P.R.7 2	604036.70	9758710.36	39.23
P.R.7 3	603994.87	9758676.49	40.17
P.R.8 1	604077.69	9758659.58	30.40
P.R.8 2	604035.86	9758625.71	32.55
P.R.9 1	604119.69	9758607.55	29.99
P.R.9 2	604077.87	9758573.68	29.99
P.R.11 1	604160.99	9758556.39	29.98
P.R.11 2	604202.04	9758505.61	29.99
P.R.11 3	604160.21	9758471.74	28.23
P.R.12 1	604242.84	9758455.07	28.75
P.R.12 2	604201.01	9758421.20	27.17
P.R.13 1	604284.30	9758403.65	27.77
P.R.13 2	604242.47	9758369.78	27.20
P.R.15 1	604326.77	9758351.02	20.32
P.R.15 2	604366.34	9758302.01	20.00
P.R.15 3	604324.52	9758268.14	20.00
P.R.16 1	604407.93	9758250.50	20.00
P.R.16 2	604366.10	9758216.63	20.01
P.R.17 1	604401.22	9758087.44	20.00
P.R.20 1	604443.03	9758121.34	20.00
P.R.20 2	604472.33	9758145.03	20.00



Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



UBICACIÓN

PROVINCIA GUAYAS CANTON GUAYAQUIL PARROQUIA CHONGON

ZONA KM. 20 VIA A LA COSTA

OBSERVACIONES:

LEYENDA SISTEMA AALL

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
PREDIO	
PUNTOS DE REFERENCIA	
TRAZADO RED AALL	
DIRECCIONES DE FLUJO	

OBRA: URB. "LOS GIRASOLES"

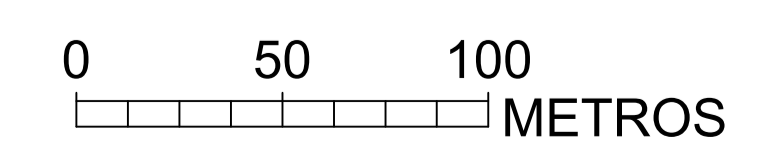
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

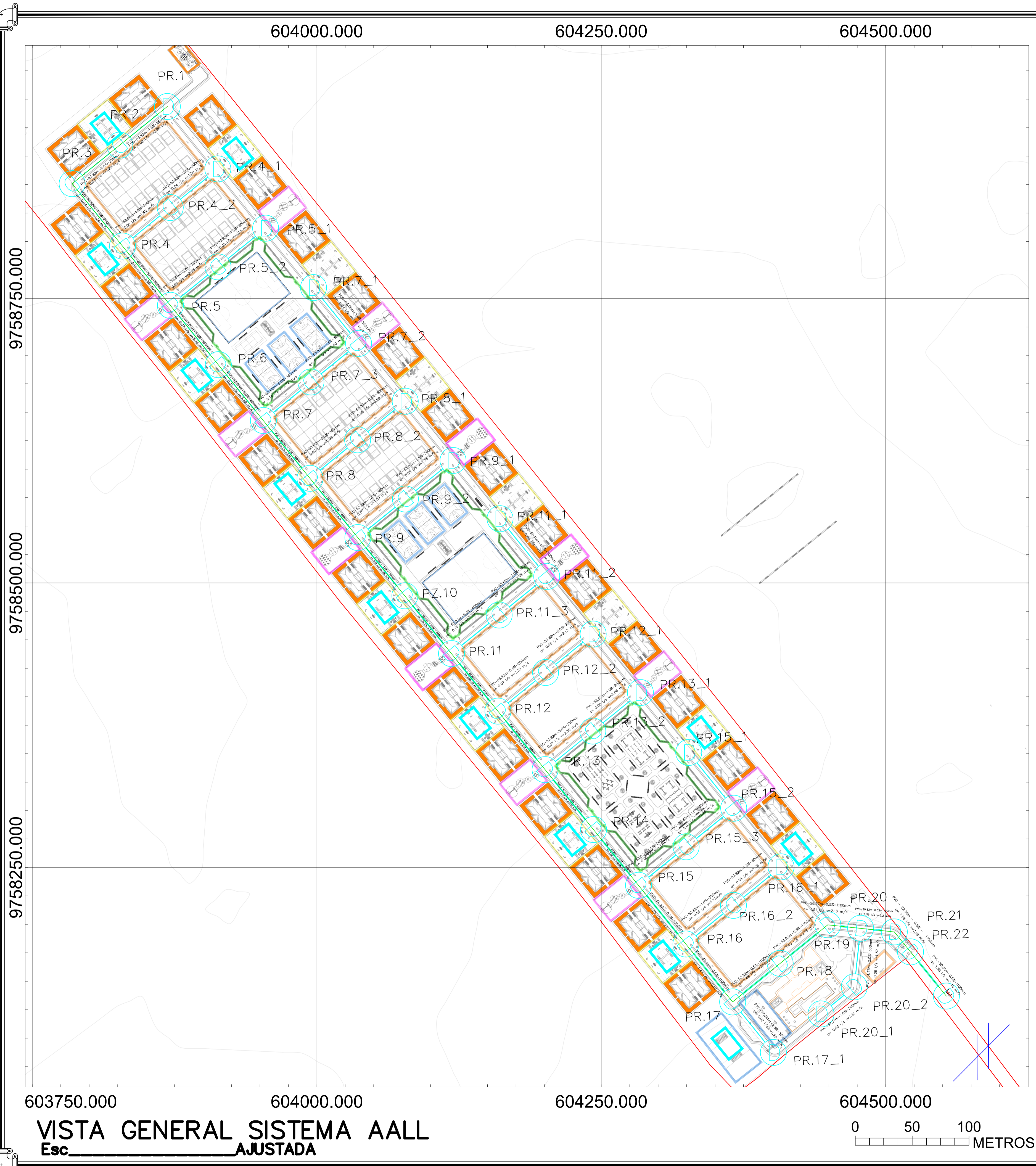
CONTIENE: DIRECCIÓN DE FLUJO DE AGUAS LLUVIAS  
TRAZADO PREVIO DE LA RED DE AALL  
ORTOFOTO ÁREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO

TUTOR A CARGO:	ESTUDIANTE 1:	ESTUDIANTE 2:
MSC. CRISTIAN SALAS	JORDY G. LOOR	GRACE A. ROSALES

PROPIETARIO:	ESCALA: INDICADAS	LÁMINA: AALL-01
	FECHA: ENERO - 2026	

VISTA GENERAL SISTEMA AALL  
Esc. AJUSTADA





POZOS DE REVISIÓN				
ID	ESTE	NORTE	FONDO	PROFUNDIDAD
P.R.1	603868.68	9758918.50	50.99	1.28
P.R.2	603826.85	9758884.63	50.02	2.36
P.R.3	603785.03	9758850.76	49.24	1.43
P.R.4	603829.31	9758795.90	45.68	3.79
P.R.5	603871.34	9758743.84	41.80	4.72
P.R.6	603913.44	9758691.69	35.96	4.96
P.R.7	603953.04	9758642.62	30.16	5.57
P.R.8	603994.04	9758591.84	26.87	3.12
P.R.9	604036.04	9758539.81	24.43	4.08
P.R.10	604077.34	9758488.65	21.78	3.97
P.R.11	604118.38	9758437.87	19.46	4.77
P.R.12	604159.15	9758387.30	18.57	4.91
P.R.13	604200.64	9758335.91	17.80	5.99
P.R.14	604243.12	9758283.28	17.41	2.59
P.R.15	604282.69	9758234.27	16.61	3.39
P.R.16	604324.27	9758182.76	15.67	4.33
P.R.17	604365.39	9758131.89	14.60	5.40
P.R.18	604407.18	9758165.74	14.37	5.63
P.R.19	604449.01	9758199.61	14.11	5.89
P.R.20	604477.82	9758196.54	13.21	6.79
P.R.21	604507.48	9758193.38	13.05	6.95
P.R.22	604521.71	9758175.83	12.93	7.07
P.R.4_1	603913.00	9758863.68	48.76	1.33
P.R.4_2	603871.18	9758829.81	48.43	1.85
P.R.5_1	603954.99	9758811.58	45.73	1.33
P.R.5_2	603913.16	9758777.70	45.41	4.59
P.R.7_1	603997.09	9758759.43	42.56	1.33
P.R.7_2	604036.70	9758710.36	37.76	1.47
P.R.7_3	603994.87	9758676.49	37.49	2.67
P.R.8_1	604077.69	9758659.58	29.06	1.33
P.R.8_2	604035.86	9758625.71	28.74	3.81
P.R.9_1	604119.69	9758607.55	28.65	1.33
P.R.9_2	604077.87	9758573.68	28.33	1.66
P.R.11_1	604160.99	9758556.39	26.70	3.28
P.R.11_2	604202.04	9758505.61	25.95	4.04
P.R.11_3	604160.21	9758471.74	24.19	4.04
P.R.12_1	604242.84	9758455.07	27.47	1.28
P.R.12_2	604201.01	9758421.20	25.89	1.28
P.R.13_1	604284.30	9758403.65	26.49	1.28
P.R.13_2	604242.47	9758369.78	25.92	1.28
P.R.15_1	604326.77	9758351.02	18.99	1.33
P.R.15_2	604366.34	9758302.01	18.26	1.74
P.R.15_3	604324.52	9758268.14	17.95	2.05
P.R.16_1	604407.93	9758250.50	18.67	1.33
P.R.16_2	604366.10	9758216.63	18.67	1.34
P.R.17_1	604401.22	9758087.44	18.72	1.28
P.R.20_1	604443.03	9758121.34	18.72	1.28
P.R.20_2	604472.33	9758145.03	18.36	1.64

TRAMOS			
PZ. INICIAL	PZ. FINAL	CLAVE INICIAL	CLAVE FINAL
1	2.000	50.77	49.69
2	3.000	49.57	48.50
3	4.000	47.00	45.59
4	5.000	44.09	40.74
5	6.000	39.24	35.89
6	7.000	34.39	31.55
7	8.000	30.05	27.77
8	9.000	27.61	25.94
9	10.000	25.64	23.67
10	11.000	22.17	20.54
11	12.000	20.48	20.09
12	13.000	19.85	18.86
13	14.000	18.55	17.19
14	15.000	17.18	16.86
15	16.000	16.71	16.38
16	17.000	16.31	15.98
17	18.000	15.86	15.60
18	19.000	15.50	15.23
19	20.000	15.13	14.99
20	21.000	14.87	14.73
21	22.000	14.63	14.52
22	F	14.42	14.17
4_1	4_2	48.06	46.98
4_2	4	46.90	46.10
5_1	5_2	45.11	44.30
5_2	5	44.10	41.41
7_1	7_2	40.92	37.77
7_2	7_3	37.52	35.10
7_3	7	34.87	32.18
8_1	8_2	29.14	28.82
8_2	8	28.78	28.51
9_1	9_2	28.76	27.95
9_2	9	27.87	26.79
11_1	11_2	28.19	27.54
11_2	11_3	27.30	25.68
11_3	11	25.43	22.74
12_1	12_2	26.30	23.60
12_2	12	23.45	20.76
13_1	13_2	25.21	22.52
13_2	13	22.36	19.67
15_1	15_2	19.03	18.40
15_2	15_3	18.24	17.92
15_3	15	17.84	17.52
16_1	16_2	18.52	17.72
16_2	16	17.67	17.13
17_1	17	18.26	16.84
20_1	20_2	17.70	16.95
20_2	20	16.83	15.79

**espol**  
**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

UBICACIÓN

PROVINCIA GUAYAS    CANTON GUAYAQUIL    PARROQUIA CHONGON

ZONA  
 KM. 20 VIA A LA COSTA

OBSERVACIONES:

**LEYENDA SISTEMA AALL**

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGIA
POZOS DE REVISIÓN	(D)
RED AALL	—
PARQUEOS	■
ÁREAS RESIDEN./COMUNES	■
PARQUES	■
ÁREAS DE EJERCICIOS	■
CANCHAS	■
MINIPARQUEOS	■
CELDAS MODULARES	■
PREDIO	■
CURVAS DE NIVEL	○

OBRA: **URB. "LOS GIRASOLES"**

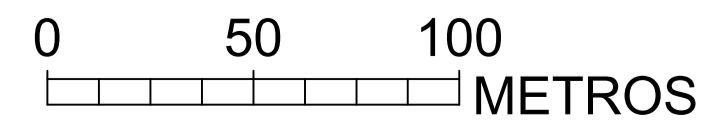
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CONTIENE: **VISTA GENERAL DISEÑO RED AALL**

TUTOR A CARGO: MSC. CRISTIAN SALAS	ESTUDIANTE 1: JORDY G. LOOR	ESTUDIANTE: GRACE A. ROSALES
PROPIETARIO:	ESCALA: INDICADAS	LÁMINA: AALL-02
	FECHA: ENERO - 2026	

603750.000    604000.000    604250.000    604500.000

**VISTA GENERAL SISTEMA AALL**  
 Esc. AJUSTADA



# Perfil Longitudinal: Pozo 1 – Pozo 22



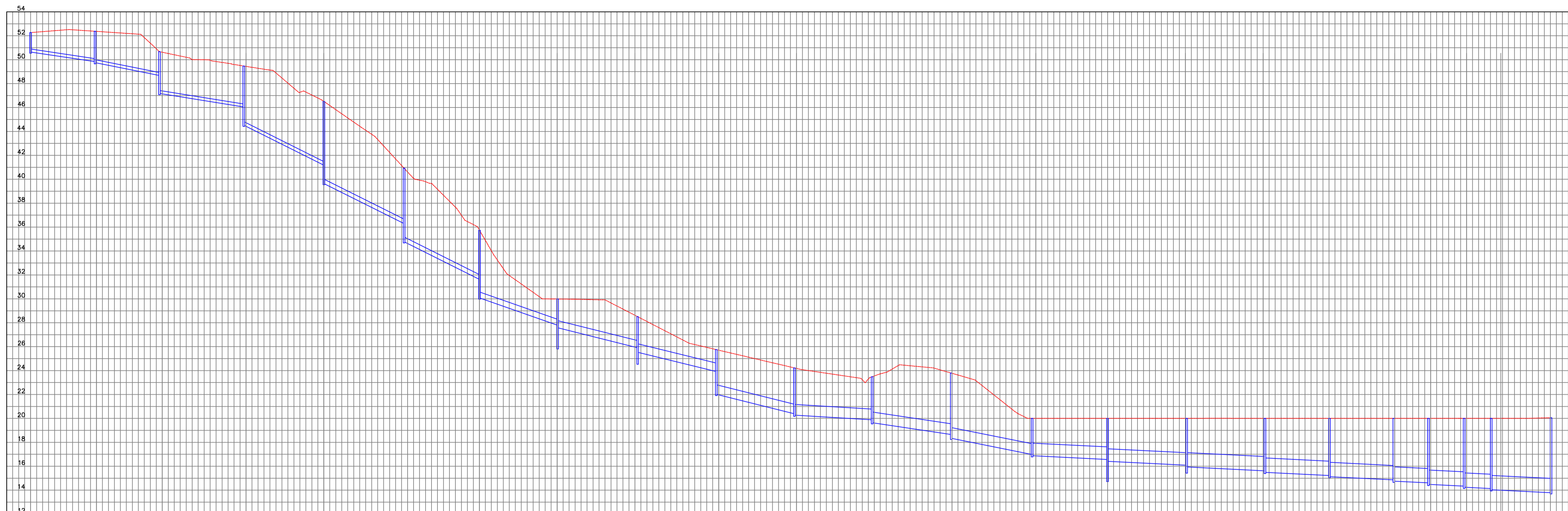
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



UBICACIÓN

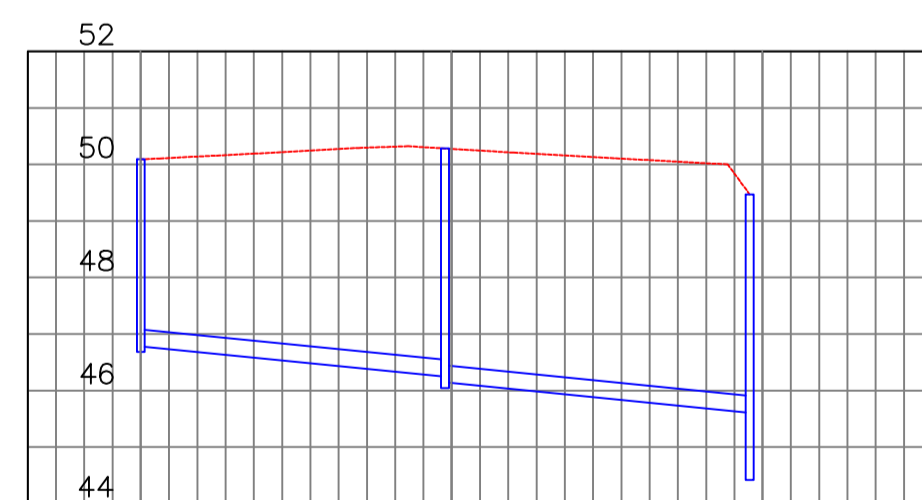
PROVINCIA GUAYAS CANTON GUAYAQUIL PARROQUIA CHONGON

ZONA KM. 20 VIA A LA COSTA



Distancia Acumulada	00.00	53.82	107.64	178.14	245.05	312.04	375.13	440.39	507.26	573.01	638.30	703.26	769.31	836.94	899.93	966.13	1031.54	1085.32	1139.14	1168.11	1197.94	1220.53
Profundidad de Pozo	1.28	2.36	1.43	3.79	4.72	4.96	5.57	3.12	4.08	3.97	4.77	4.91	5.99	2.59	3.39	4.33	5.40	5.63	5.89	6.22	6.46	6.67
Cota Tapa de Pozo	52.27	52.38	50.67	49.47	46.51	40.93	35.73	29.99	28.51	25.75	24.23	23.48	23.79	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Cota Fondo de Pozo	50.99	50.02	49.24	45.68	41.80	35.96	30.16	26.87	24.43	21.78	19.46	18.57	17.80	17.41	16.61	15.67	14.60	14.37	14.11	13.78	13.54	13.33
Pozo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22

## Perfil Longitudinal: Pozo 4\_1 – Pozo 4



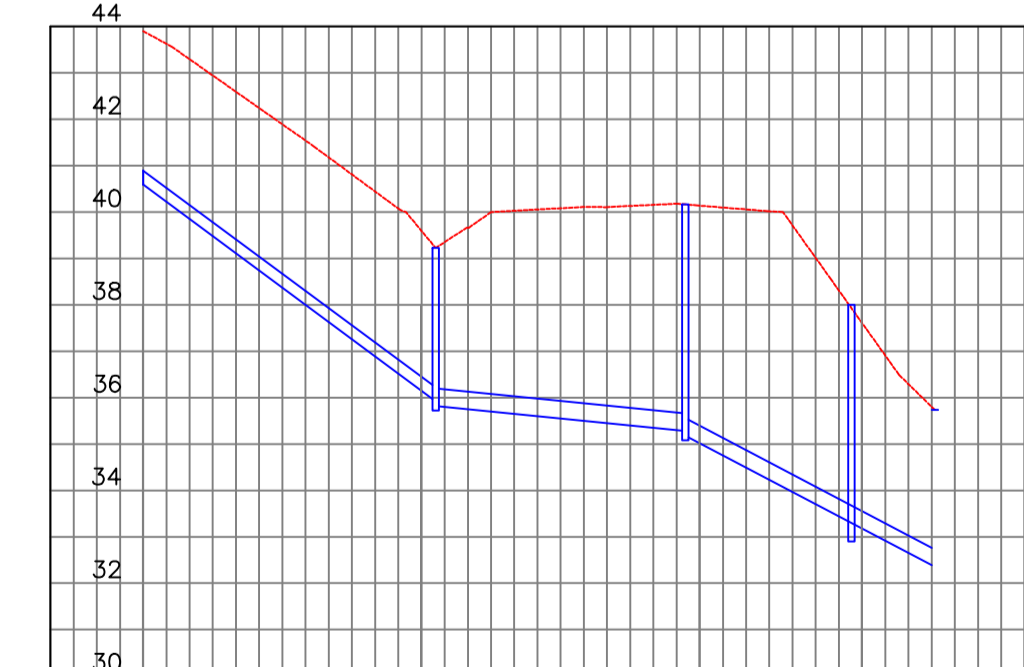
Distancia Acumulada	00.00	53.82	178.14
Profundidad de Pozo	1.95	3.29	3.79
Cota Tapa de Pozo	50.09	50.28	49.47
Cota Fondo de Pozo	48.15	46.99	45.68
Pozo	P4_1	P1	P4

## Perfil Longitudinal: Pozo 5\_1 – Pozo 5



Distancia Acumulada	00.00	53.83	107.64
Profundidad de Pozo	1.86	5.88	4.72
Cota Tapa de Pozo	47.07	50.00	46.51
Cota Fondo de Pozo	45.21	44.12	41.80
Pozo	P5_1	P5_2	P5

## Perfil Longitudinal: Pozo 7\_1 – Pozo 7



Distancia Acumulada	00.00	63.05	116.87	170.70
Profundidad de Pozo	3.15	1.97	5.58	5.57
Cota Tapa de Pozo	43.90	39.23	40.17	35.73
Cota Fondo de Pozo	40.75	37.26	34.59	30.16
Pozo	P7_1	P7_2	P7_3	P7

OBSERVACIONES:

### LEYENDA SISTEMA AALL

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
PERFIL DE TERRENO	
RED DE AALL	
POZO DE REVISIÓN	

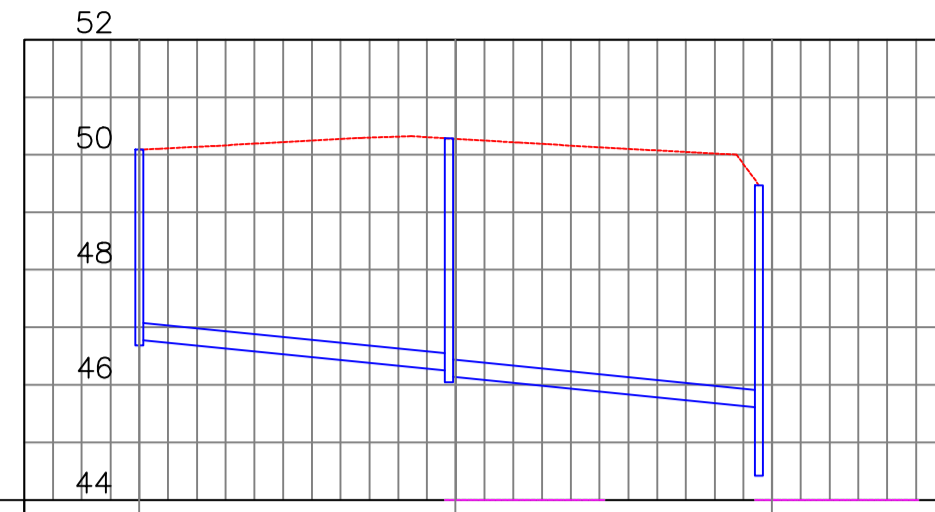
OBRA: URB. "LOS GIRASOLES"

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CONTIENE: PERFILES LONGITUDINALES DE LOS COLECTORES DE AGUAS LUVIAS

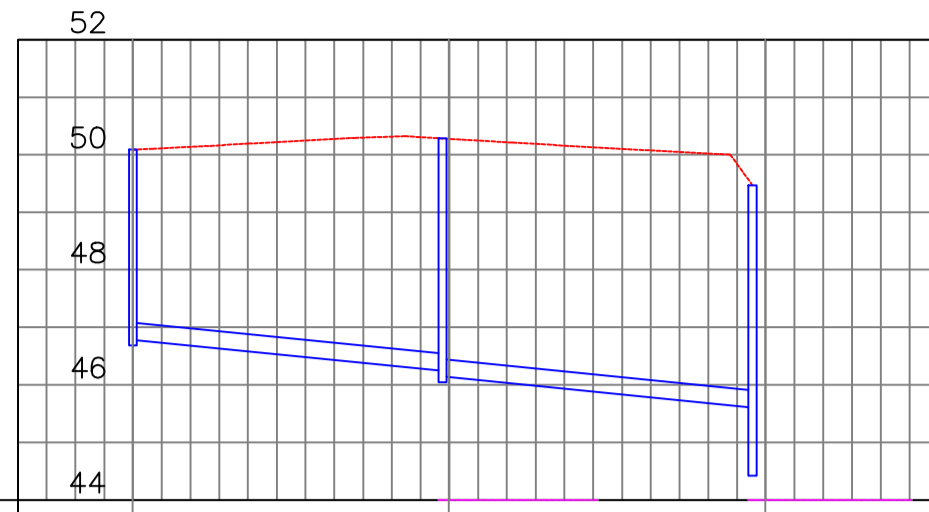
TUTOR A CARGO:	ESTUDIANTE 1:	ESTUDIANTE:
MSC. CRISTIAN SALAS	JORDY G. LOOR	GRACE A. ROSALES
PROPIETARIO:	ESCALA: INDICADAS	LÁMINA: AALL-03
	FECHA: ENERO - 2026	

**Perfil Longitudinal: Pozo 8\_1 – Pozo 8**



Distancia Acumulada	00.00	53.82	178.14
Profundidad de Pozo	1.95	3.29	3.79
Cota Tapa de Pozo	50.09	50.28	49.47
Cota Fondo de Pozo	48.15	46.99	45.68

**Perfil Longitudinal: Pozo 9\_1 – Pozo 9**



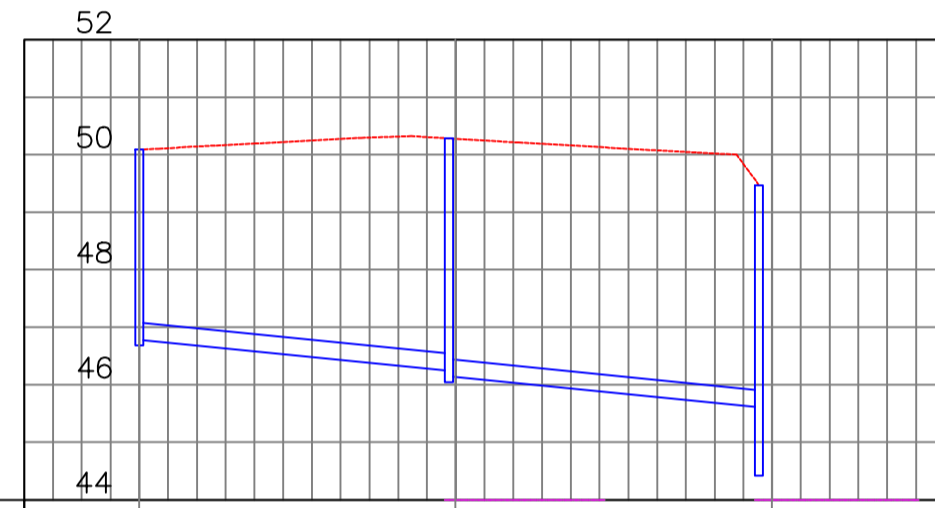
Distancia Acumulada	00.00	53.82	178.14
Profundidad de Pozo	1.95	3.29	3.79
Cota Tapa de Pozo	50.09	50.28	49.47
Cota Fondo de Pozo	48.15	46.99	45.68

**Perfil Longitudinal: Pozo 11\_1 – Pozo 11**



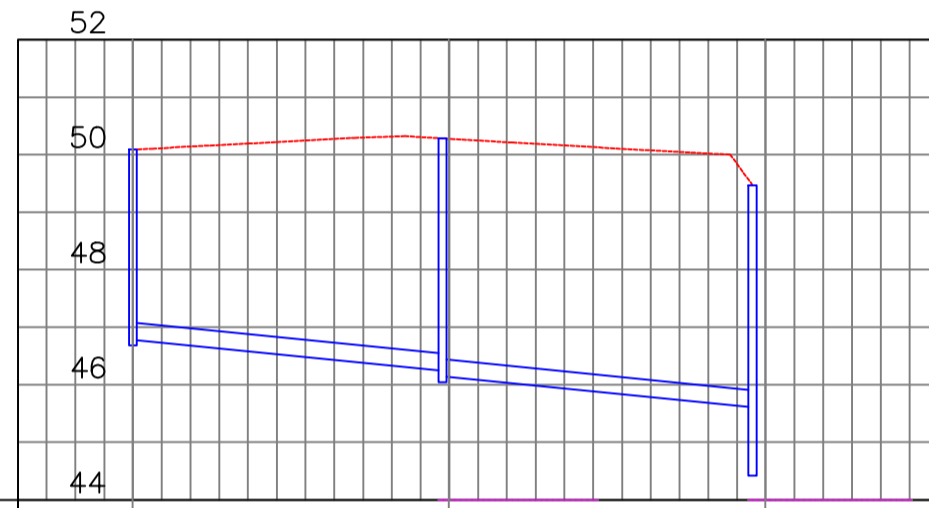
Distancia Acumulada	00.00	63.05	116.87	170.70
Profundidad de Pozo	3.15	1.97	5.58	5.57
Cota Tapa de Pozo	43.90	39.23	40.17	35.73
Cota Fondo de Pozo	40.75	37.26	34.59	30.16

**Perfil Longitudinal: Pozo 12\_1 – Pozo 12**



Distancia Acumulada	00.00	53.82	178.14
Profundidad de Pozo	1.95	3.29	3.79
Cota Tapa de Pozo	50.09	50.28	49.47
Cota Fondo de Pozo	48.15	46.99	45.68

**Perfil Longitudinal: Pozo 13\_1 – Pozo 13**



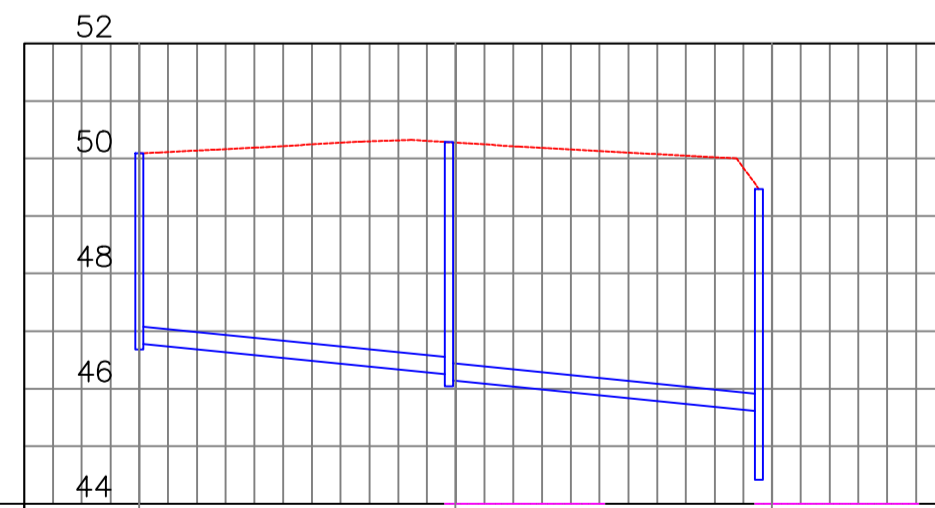
Distancia Acumulada	00.00	53.82	178.14
Profundidad de Pozo	1.95	3.29	3.79
Cota Tapa de Pozo	50.09	50.28	49.47
Cota Fondo de Pozo	48.15	46.99	45.68

**Perfil Longitudinal: Pozo 15\_1 – Pozo 15**



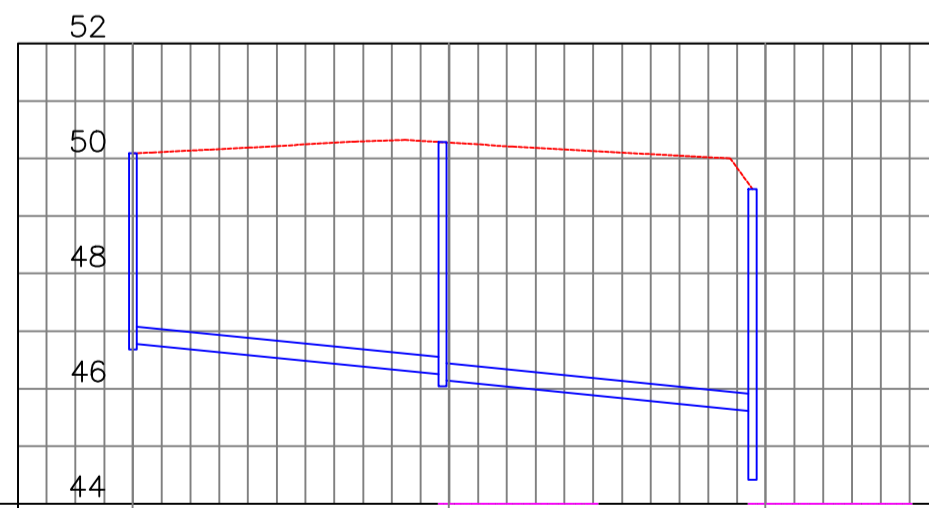
Distancia Acumulada	00.00	63.05	116.87	170.70
Profundidad de Pozo	3.15	1.97	5.58	5.57
Cota Tapa de Pozo	43.90	39.23	40.17	35.73
Cota Fondo de Pozo	40.75	37.26	34.59	30.16

**Perfil Longitudinal: Pozo 16\_1 – Pozo 16**



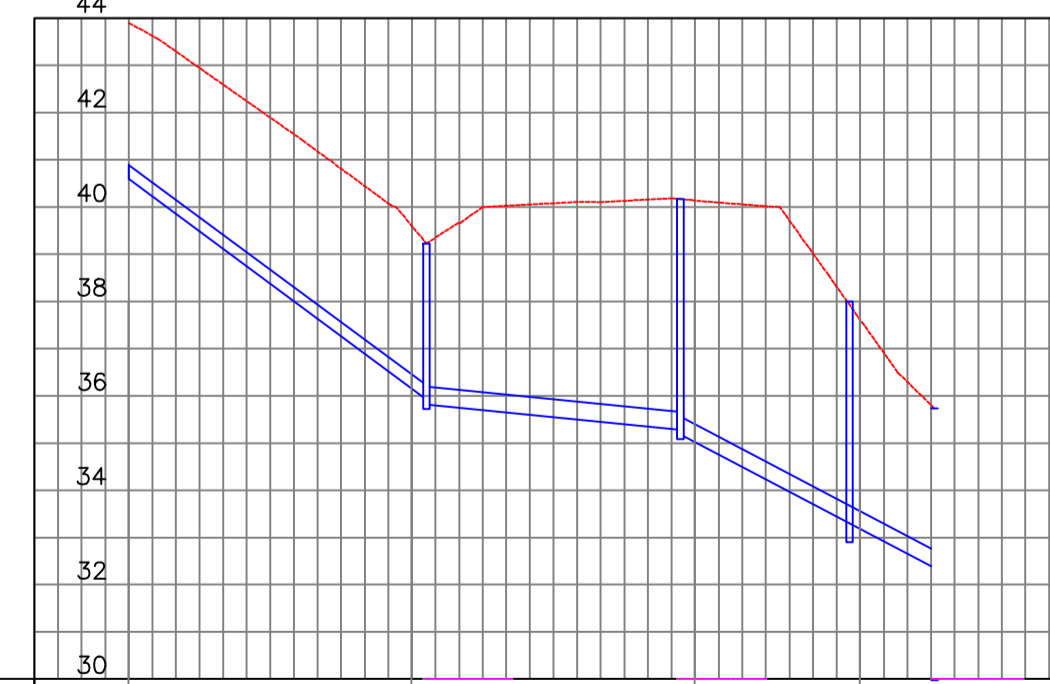
Distancia Acumulada	00.00	53.82	178.14
Profundidad de Pozo	1.95	3.29	3.79
Cota Tapa de Pozo	50.09	50.28	49.47
Cota Fondo de Pozo	48.15	46.99	45.68

**Perfil Longitudinal: Pozo 17\_1 – Pozo 17**

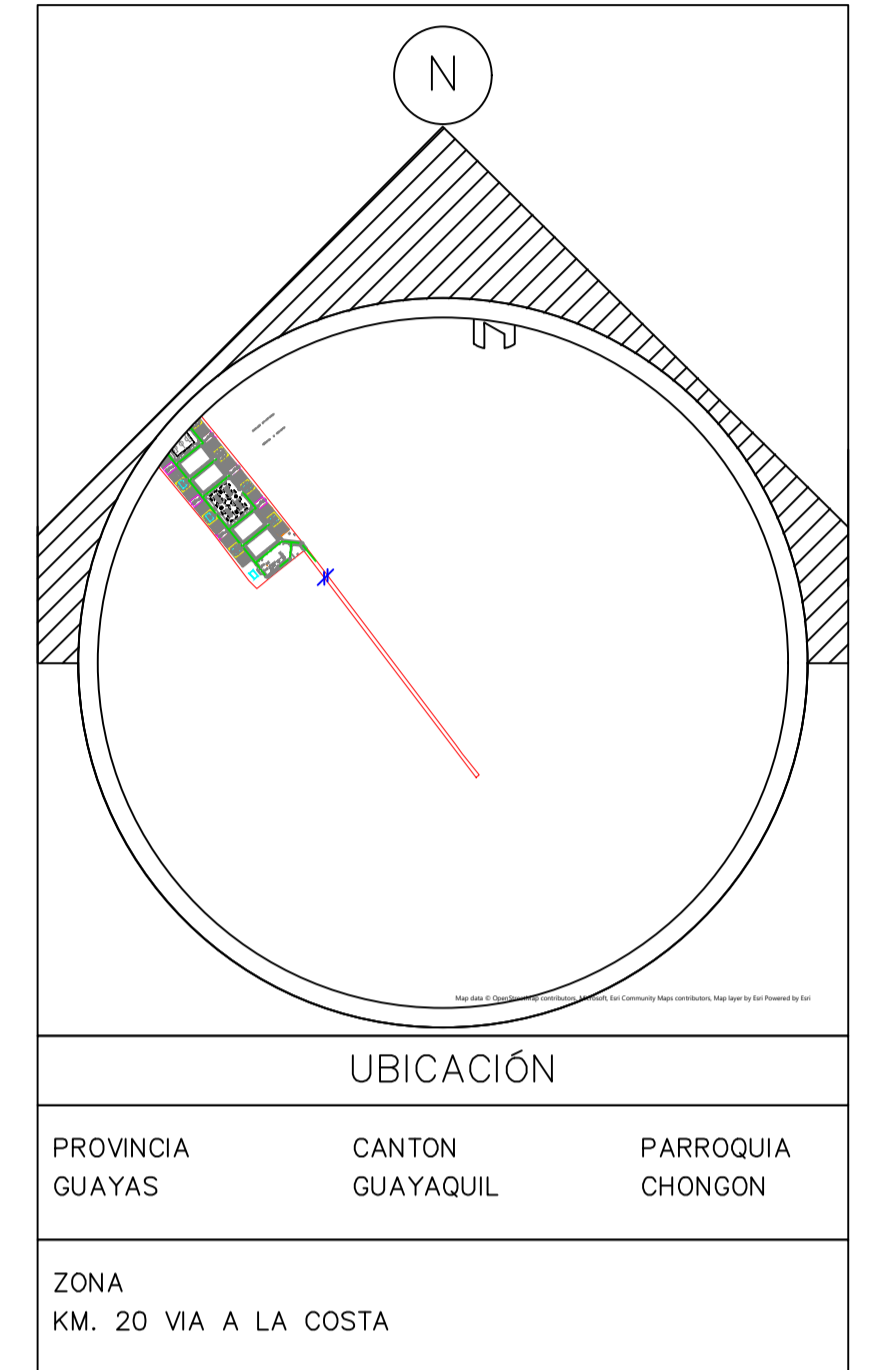


Distancia Acumulada	00.00	53.82	178.14
Profundidad de Pozo	1.95	3.29	3.79
Cota Tapa de Pozo	50.09	50.28	49.47
Cota Fondo de Pozo	48.15	46.99	45.68

**Perfil Longitudinal: Pozo 20\_1 – Pozo 20**



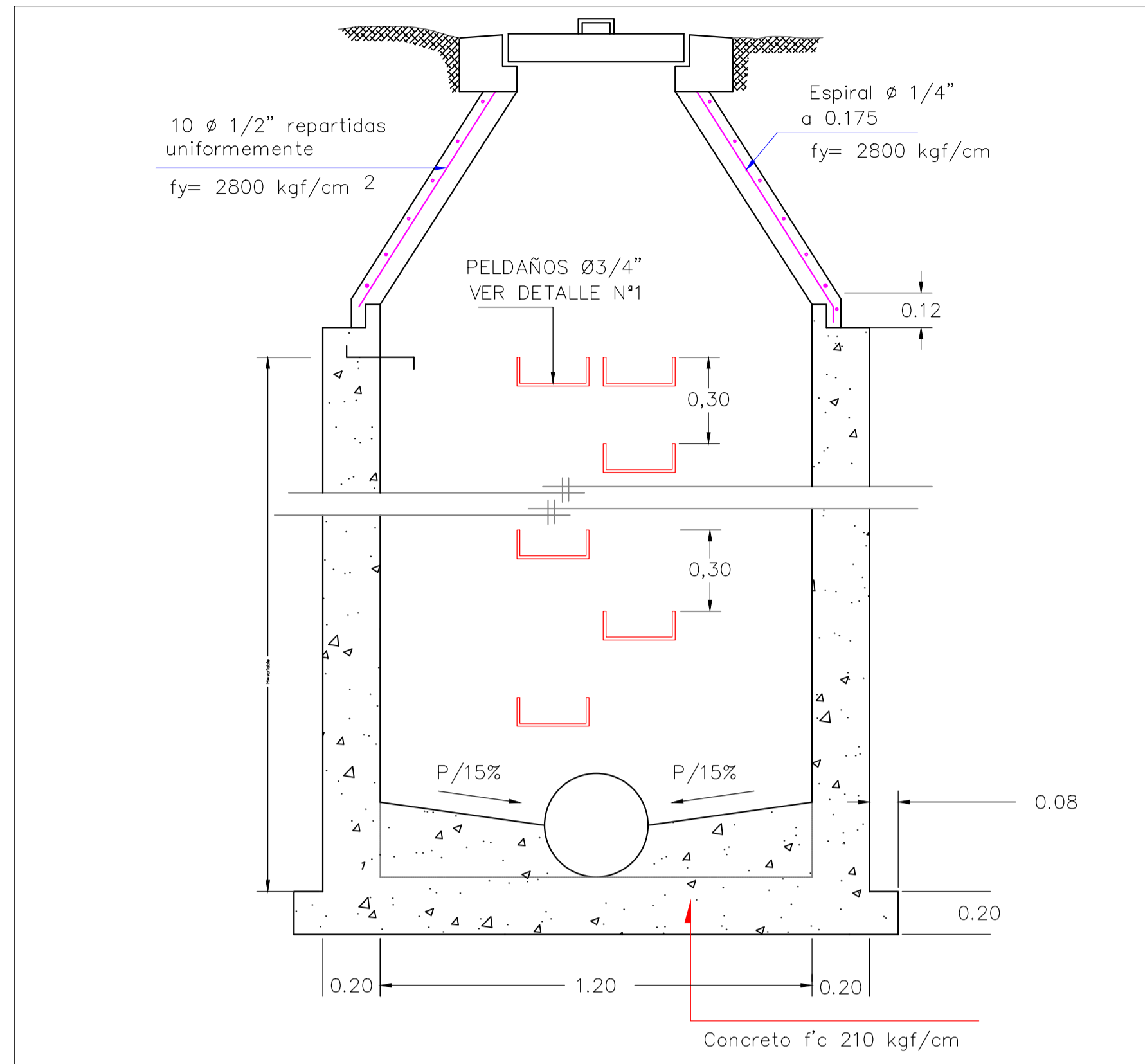
Distancia Acumulada	00.00	63.05	116.87	170.70
Profundidad de Pozo	3.15	1.97	5.58	5.57
Cota Tapa de Pozo	43.90	39.23	40.17	35.73
Cota Fondo de Pozo	40.75	37.26	34.59	30.16



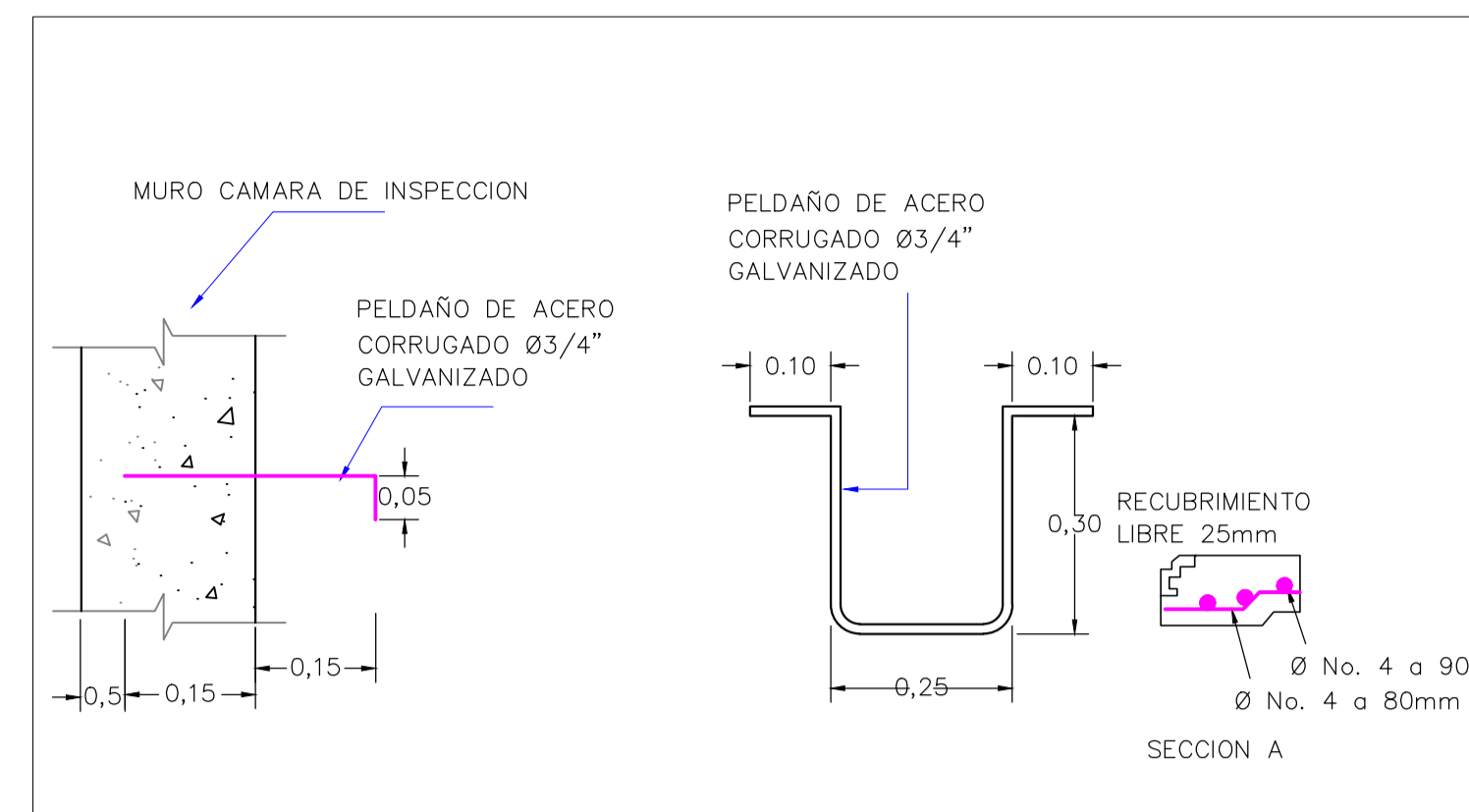
OBSERVACIONES:

LEYENDA SISTEMA AALL	
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
PERFIL DE TERRENO	
RED DE AALL	
POZO DE REVISIÓN	

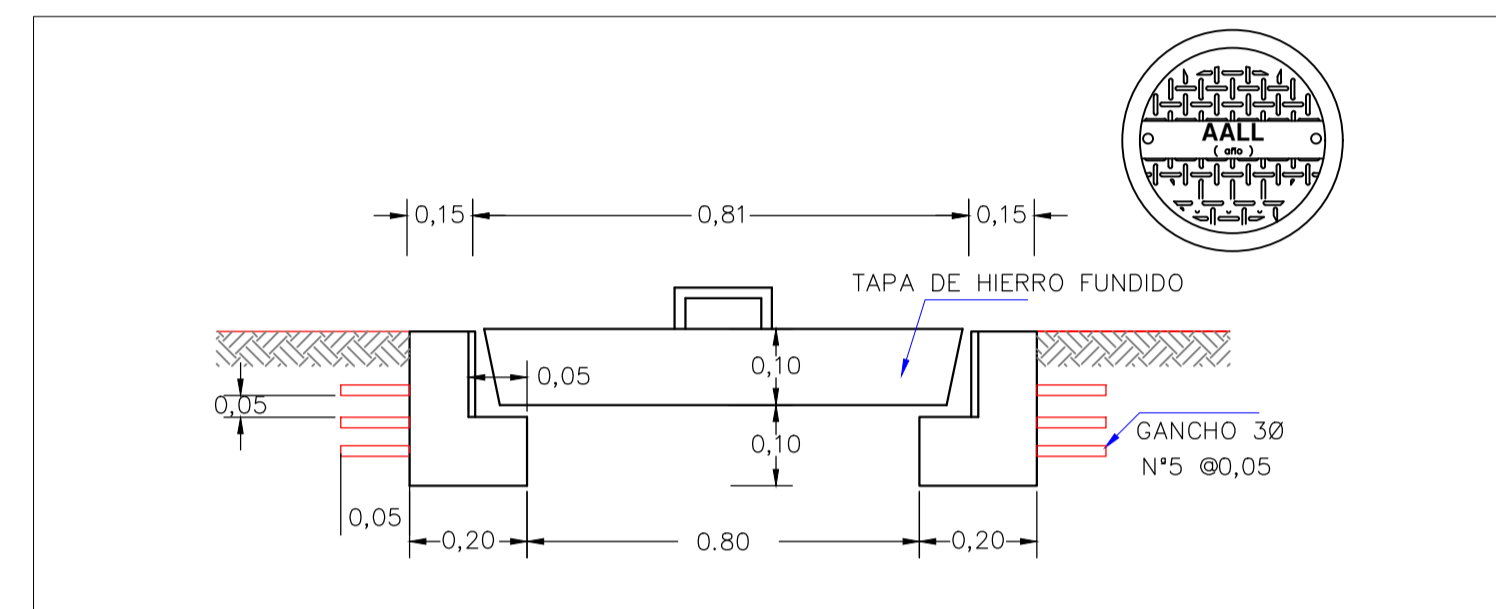
OBRA: URB. "LOS GIRASOLES"		
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
CONTIENE: PERFILES LONGITUDINALES DE LOS COLECTORES DE AGUAS LLUVIAS		
TUTOR A CARGO: MSC. CRISTIAN SALAS	ESTUDIANTE 1: JORDY G. LOOR	ESTUDIANTE: GRACE A. ROSALES
PROPIETARIO:	ESCALA: INDICADAS	LÁMINA: AALL-04
	FECHA: ENERO - 2026	



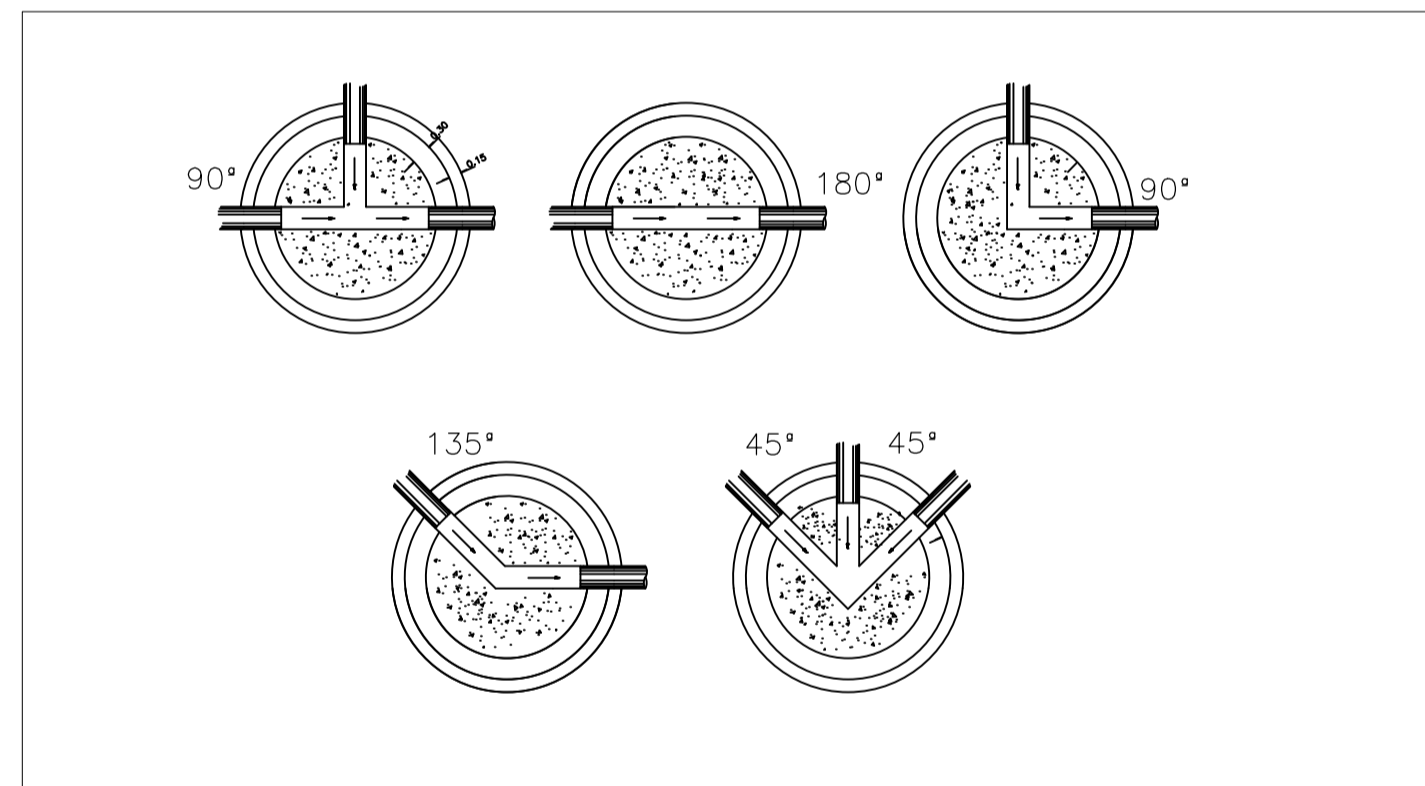
**SECCION TIPICA-CAMARA DE INSPECCION CONCENTRICA SIN ESCALA**



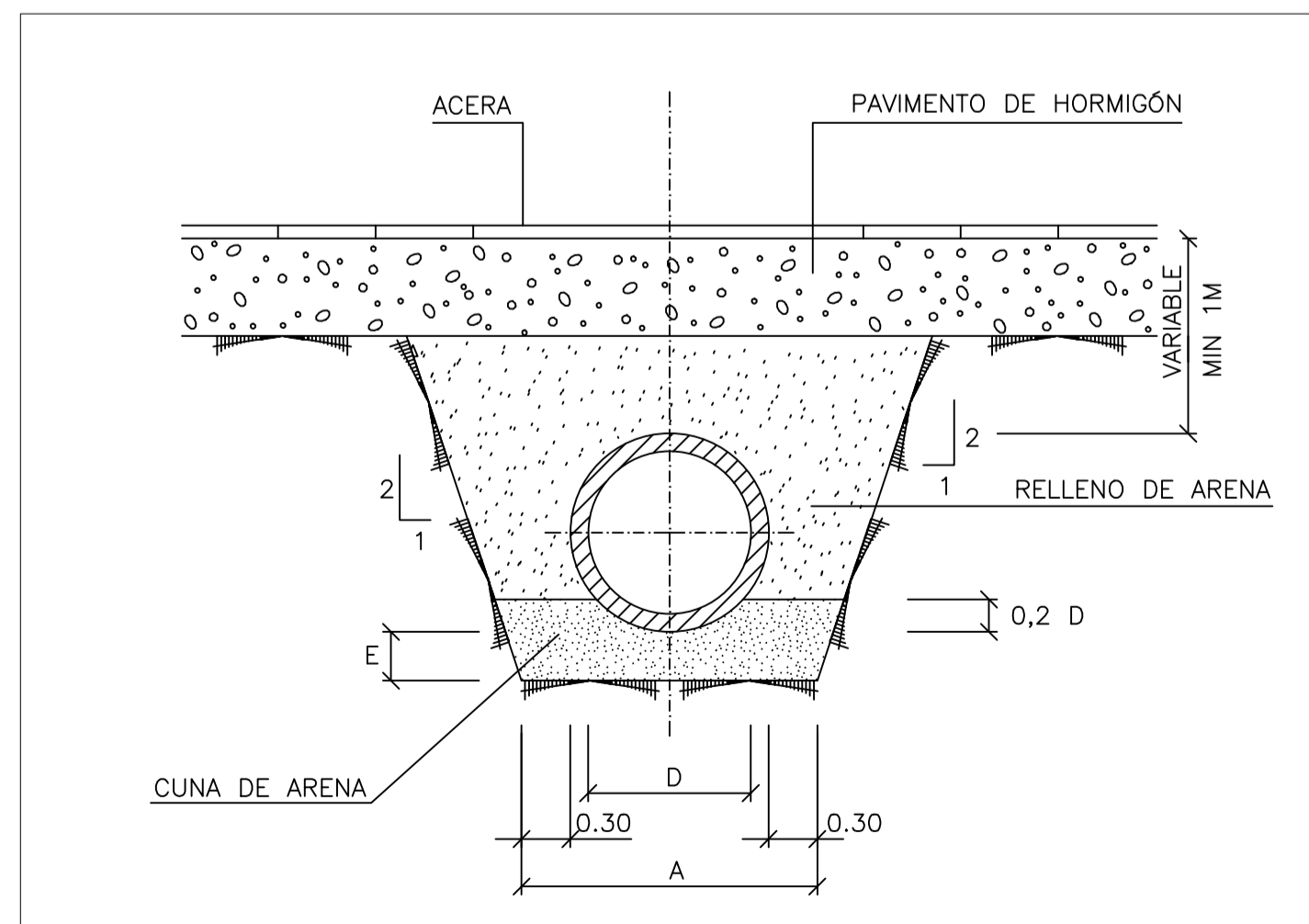
**DETALLE N1 PELDAÑO SIN ESCALA**



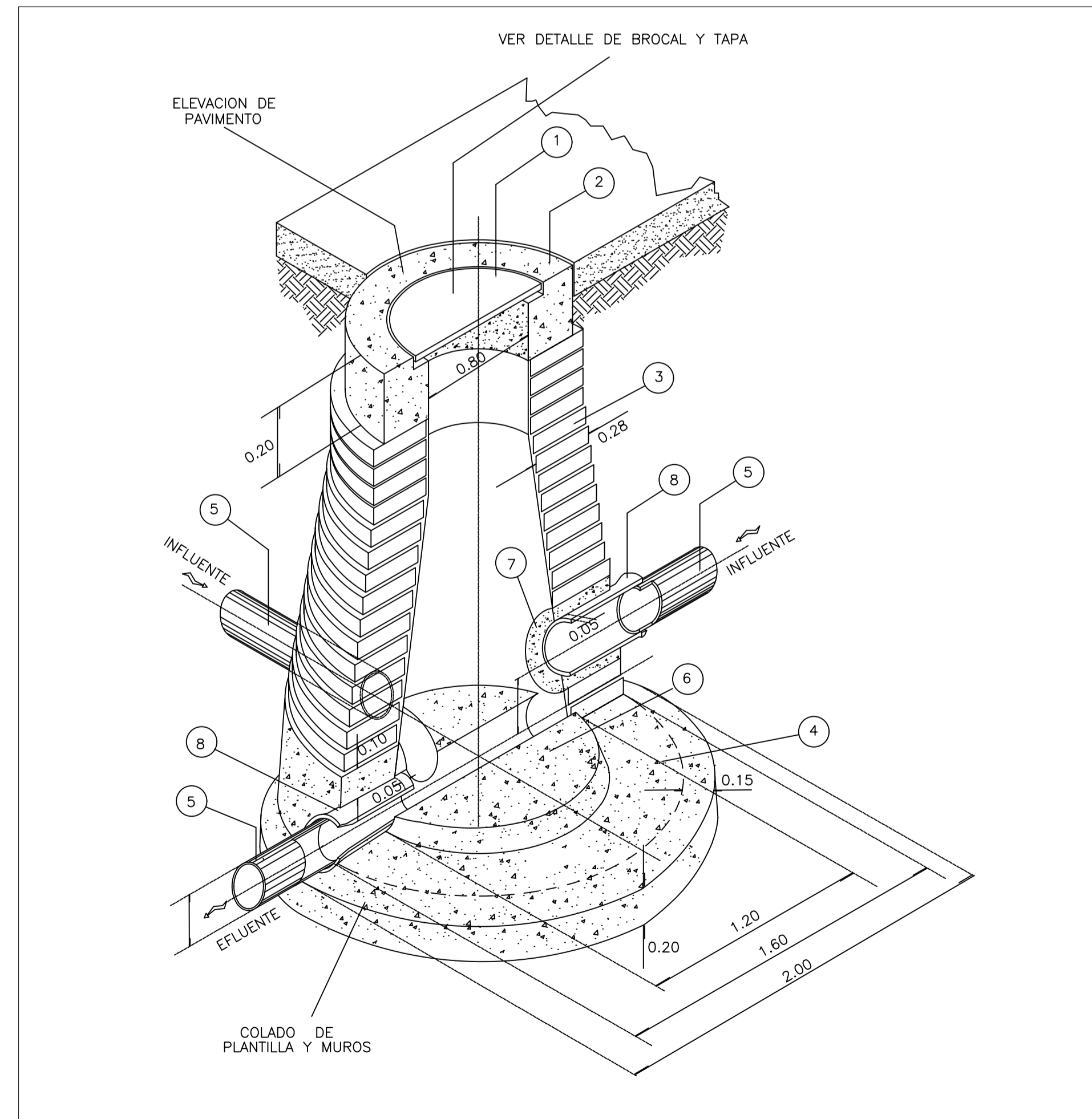
**SECCIÓN TAPA Y CUELLO DE HIERRO FUNDIDO SIN ESCALA**



**CONEXIONES TIPICAS A POZOS SIN ESCALA**



**DETALLE TIPO PARA TUBERÍA SIN ESCALA**



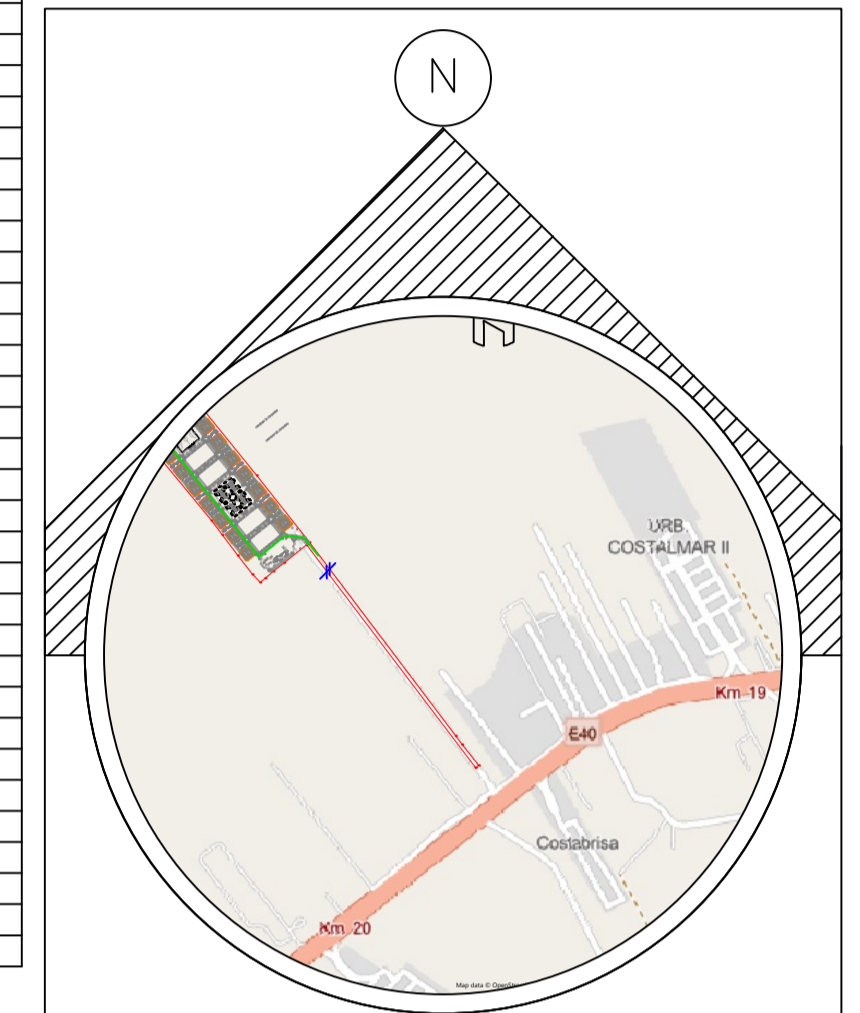
**PERSPECTIVA TIPICA-CAMARA DE INSPECCION CONCENTRICA SIN ESCALA**

ID DE POZO	POZOS DE REVISIÓN		COTA DE TERRENO	COTA DE FONDO	PROFUNDIDAD
	ESTE	NORTE			
PZ.1	603868.68	9758918.50	52.27	50.99	1.28
PZ.2	603826.85	9758884.63	52.38	50.02	2.36
PZ.3	603785.03	9758850.76	50.67	49.24	1.43
PZ.4	603829.31	9758795.90	49.47	45.68	3.79
PZ.5	603871.34	9758743.84	46.51	41.80	4.72
PZ.6	603913.44	9758691.69	40.93	35.96	4.96
PZ.7	603953.04	9758642.62	35.73	30.16	5.57
PZ.8	603994.04	9758591.84	29.99	26.87	3.12
PZ.9	604036.04	9758539.81	28.51	24.43	4.08
PZ.10	604077.34	9758488.65	25.75	21.78	3.97
PZ.11	604118.38	9758437.87	24.23	19.46	4.77
PZ.12	604159.15	9758387.30	23.48	18.57	4.91
PZ.13	604200.64	9758335.91	23.79	17.80	5.99
PZ.14	604243.12	9758283.28	20.00	17.41	2.59
PZ.15	604282.69	9758234.27	20.00	16.61	3.39
PZ.16	604324.27	9758182.76	20.01	15.67	4.33
PZ.17	604365.39	9758131.89	20.00	14.60	5.40
PZ.18	604407.18	9758165.74	20.00	14.37	5.63
PZ.19	604449.01	9758199.61	20.00	14.11	5.89
PZ.20	604477.82	9758196.54	20.00	13.21	6.79
PZ.21	604507.48	9758193.38	20.00	13.05	6.95
PZ.22	604521.71	9758175.83	20.00	12.93	7.07
PZ.4.1	603913.00	9758863.68	50.09	48.76	1.34
PZ.4.2	603871.18	9758829.81	50.28	48.43	1.85
PZ.5.1	603954.99	9758811.58	47.07	45.73	1.34
PZ.5.2	603913.16	9758777.70	50.00	45.41	4.59
PZ.7.1	603997.09	9758759.43	43.90	42.56	1.34
PZ.7.2	604036.70	9758710.36	39.23	37.76	1.47
PZ.7.3	603994.87	9758676.49	40.17	37.49	2.67
PZ.8.1	604077.69	9758659.58	30.40	29.06	1.34
PZ.8.2	604035.86	9758625.71	32.55	28.74	3.81
PZ.9.1	604119.69	9758607.55	29.99	28.65	1.34
PZ.9.2	604077.87	9758573.68	29.99	28.33	1.66
PZ.11.1	604160.99	9758556.39	29.88	26.70	3.28
PZ.11.2	604202.04	9758505.61	29.99	25.95	4.04
PZ.11.3	604160.21	9758471.74	28.23	24.19	4.04
PZ.12.1	604242.84	9758455.07	28.75	27.47	1.28
PZ.12.2	604201.01	9758421.20	27.17	25.89	1.28
PZ.13.1	604284.30	9758403.65	27.77	26.49	1.28
PZ.13.2	604242.47	9758369.78	27.20	25.92	1.28
PZ.15.1	604326.77	9758351.02	20.32	18.99	1.34
PZ.15.2	604366.34	9758302.01	20.00	18.26	1.74
PZ.15.3	604324.52	9758268.14	20.00	17.95	2.05
PZ.16.1	604407.93	9758250.50	20.00	18.67	1.34
PZ.16.2	604365.10	9758216.63	20.01	18.67	1.34
PZ.17.1	604401.22	9758087.44	20.00	18.72	1.28
PZ.20.1	604443.03	9758121.34	20.00	18.72	1.28
PZ.20.2	604472.33	9758145.03	20.00	18.36	1.64

ID DE POZO	DIMENSIONAMIENTOS	
	D (mm)	A (m)
PZ.1	280.000	0.88
PZ.2	280.000	0.88
PZ.3	280.000	0.88
PZ.4	335.000	0.94
PZ.5	400.000	1.00
PZ.6	440.000	1.04
PZ.7	540.000	1.14
PZ.8	650.000	1.25
PZ.9	760.000	1.36
PZ.10	875.000	1.48
PZ.11	975.000	1.58
PZ.12	975.000	1.58
PZ.13	975.000	1.58
PZ.14	1035.000	1.64
PZ.15	1035.000	1.64
PZ.16	1150.000	1.75
PZ.17	1150.000	1.75
PZ.18	1150.000	1.75
PZ.19	1150.000	1.75
PZ.20	1150.000	1.75
PZ.21	1150.000	1.75
PZ.22	1150.000	1.75
PZ.4.1	335.000	0.94
PZ.4.2	335.000	0.94
PZ.5.1	335.000	0.94
PZ.5.2	400.000	1.00
PZ.7.1	335.000	0.94
PZ.7.2	400.000	1.00
PZ.7.3	400.000	1.00
PZ.8.1	335.000	0.94
PZ.8.2	400.000	1.00
PZ.9.1	335.000	0.94
PZ.9.2	400.000	1.00
PZ.11.1	335.000	0.94
PZ.11.2	400.000	1.00
PZ.11.3	440.000	1.04
PZ.12.1	280.000	0.88
PZ.12.2	280.000	0.88
PZ.13.1	280.000	0.88
PZ.13.2	280.000	0.88
PZ.15.1	335.000	0.94
PZ.15.2	400.000	1.00
PZ.15.3	440.000	1.04
PZ.16.1	335.000	0.94
PZ.16.2	400.000	1.00
PZ.17.1	335.000	0.94
PZ.20.1	400.000	1.00
PZ.20.2	400.000	1.00

**espol**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**



**UBICACIÓN**

PROVINCIA GUAYAS CANTON GUAYAQUIL PARROQUIA CHONGON

ZONA KM. 20 VIA A LA COSTA

OBSERVACIONES:

**ESPECIFICACIONES**

- BROCAL Y TAPA CIEGA DE FO. FO. DE 3/4" DE 110 Kg. CON LEYENDA CESPM
- ANILLO DE CONCRETO SIMPLE f'c=210 Kg./cm².
- MURO DE LADRILLO APLANADO INTERIOR Y EXTERIOR MORTERO CEMENTO-ARENA PROPORCION 1:2 CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE DOS CENTÍMETROS DE ESPESOR, Y JUNTEADO CON MORTERO 1:3
- CEMENTACION DE CONCRETO SIMPLE CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL f'c= 210 Kg./cm². HASTA 0.10 m. SOBRE LOMO DE LA TUBERÍA EFLUENTE.
- ATARJEAS
- MEDA CAÑA A BASE DE CONCRETO SIMPLE f'c= 210 kg./cm². HASTA EL EJE DE LA TUBERÍA EFLUENTE.
- ANILLO DE CONCRETO SIMPLE f'c= 210 kg/cm². DE 0.10 m. DE ANCHO PARA LAS TUBERÍAS INFLUYENTES.
- SE DEBERAN UTILIZAR ADAPTADORES DE PVC PARA ENTRONCAR A LOS POZOS DE VISITA CON RECUBRIMIENTO EXTERIOR DE MORTERO O ALGUN OTRO SELLADOR ADECUADO ENTRE LA TUBERÍA Y EL ANILLO DE MORTERO.
- TODO LOS CONCRETOS Y MORTEROS DEBERAN SER ELABORADOS CON CEMENTO TIPO II
- EN ZONAS NO PAVIMENTADAS, EL NIVEL DEL BROCAL Y TAPA DE FO. FO. DEBERA SER 0.10 m. POR DEBAJO DEL TERRENO NATURAL.

OBRA:

**URB. "LOS GIRASOLES"**

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

CONTIENE: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE POZOS & TUBERÍAS

TUTOR A CARGO:	ESTUDIANTE 1:	ESTUDIANTE 2:
MSC. CRISTIAN SALAS	JORDY G. LOOR	GRACE A. ROSALES
PROPIETARIO:	ESCALA:	LÁMINA:
	INDICADAS	AALL-05
	FECHA:	ENERO - 2026